

2018 年度－小委員会 01 号

**シールドトンネルデータ連携標準化検討小委員会  
成果報告書**

2020 年 6 月

シールドトンネルデータ連携標準化検討小委員会



## 小委員会構成（2018年7月～2020年6月）

小委員長：

杉本 光隆      長岡技術科学大学大学院  
工学研究科 環境社会基盤工学専攻

副委員長：

有賀 貴志      株式会社コンポート

委員（五十音順）：

新井 泰      東京地下鉄株式会社  
鉄道本部 改良建設部 設計課

河越 勝      株式会社熊谷組  
土木事業本部 シールド技術部

木下 茂樹      株式会社奥村組  
東日本支社 土木技術部 技術2課

小泉 卓也      日本シビックコンサルタント株式会社  
技術統括本部 地下施設技術部

西田 与志雄      大成建設株式会社  
技術センター 生産技術開発部 生産技術開発室

古屋 弘      株式会社大林組  
技術本部 技術研究所



## 目 次

第1章 はじめに .....	1
1.1 小委員会設置の背景 .....	1
1.2 本小委員会における検討 .....	2
1.3 本報告書の構成 .....	3
1.4 用語 .....	3
1.5 参考文献 .....	4
第2章 シールド技術情報 DB および BIM/CIM モデルの現状把握 .....	5
2.1 概要 .....	5
2.2 シールド技術情報 DB の現状把握 .....	5
2.3 BIM/CIM モデルの現状把握 .....	11
2.4 まとめ .....	25
2.5 参考文献 .....	25
第3章 シールド技術情報 DB と BIM/CIM モデルとの連携検討 .....	26
3.1 概要 .....	26
3.2 シールド技術情報 DB で保存する情報 .....	27
3.3 シールドトンネルに関するプロセスの整理 .....	52
3.4 シールド技術情報 DB と BIM/CIM モデルの連携 .....	73
3.5 シールド技術情報 DB に保存する情報の取り扱い方針 <sup>4)</sup> .....	77
3.6 照査時チェックシート .....	90
3.7 シールドトンネル技術情報 DB と BIM/CIM モデルのデータ連携ガイドラインの作成 .....	92
3.8 まとめ .....	92
3.9 参考文献 .....	93
第4章 シールドトンネルの BIM/CIM モデルの作成手法の開発 .....	94
4.1 概要 .....	94
4.2 BIM/CIM モデルの基本な考え方 .....	94
4.3 設計段階における BIM/CIM モデルの作成 .....	106
4.4 施工段階における BIM/CIM モデルの作成 .....	121
4.5 設計段階と施工段階のモデルの連携 .....	129
4.6 BIM/CIM モデルの標準化 .....	130
4.7 セグメントモデルの作成の試行 .....	145
4.8 照査時チェックシート .....	150
4.9 シールドトンネルの BIM/CIM モデル作成ガイドラインの作成 .....	152
4.10 まとめ .....	153
4.11 参考文献 .....	153

第5章 おわりに .....	155
5.1 結論 .....	155
5.2 課題 .....	157

## 附属資料目次

A.1 ガイドライン概要 .....	A.1
A.1.1 シールド技術情報DBとBIM/CIMモデルのデータ連携ガイドライン .....	A.1
A.1.2 シールドトンネルのBIM/CIMモデル作成ガイドライン .....	A.2
A.2 BIM/CIMモデルの詳細度 .....	A.3
A.2.1 概要 .....	A.3
A.2.2 シールドトンネルのBIM/CIMモデルの詳細度 .....	A.3
A.2.3 参考文献 .....	A.6
A.3 既往の研究 .....	A.7
A.3.1 概要 .....	A.7
A.3.2 トンネルに関するBIM/CIMの研究 .....	A.7
A.3.3 小委員会で事例紹介した研究 .....	A.8
A.3.4 まとめ .....	A.33
A.3.5 参考文献 .....	A.34
A.4 国際学会等への対応 .....	A.35
A.4.1 buildingSMARTからの意見照会(2019年11月) .....	A.35
A.4.2 ITA WG22からの意見照会(2020年6月) .....	A.37
A.4.3 参考文献 .....	A.38
A.5 資料 .....	A.39
A.5.1 プロセスマップ .....	A.39

## 第1章 はじめに

### 1.1 小委員会設置の背景

2007 年度から 2010 年度にかけて、土木学会 トンネル工学委員会 シールドトンネルのデータベース（以下、シールド DB）構築に関する検討部会（部会長：杉本）が設置され、シールドトンネルの主要な事業者・施工者・コンサルタント・研究機関が参加し、シールドトンネル技術情報のデータベース化に関する検討を行い、その成果を土木学会 HP に公開した。さらに、2011 年度には、土木学会がシールド DB の運営主体となることとなり、そのための具体的な規約、マニュアル<sup>1)、2)</sup>を制定し、2012 年度から、土木学会 トンネル工学委員会 シールド DB 運営部会（部会長：杉本）の下で、会員制のシールド DB の運用を開始した。このシールド DB は、「お金をかけずに、ある情報があるがままに残す」を基本として、施工終了までの情報を網羅的に残すための情報項目（必須、任意）、情報保存構成、保存形式（4 種類）を規程している。

一方、2016 年度に国土交通省に発足した CIM 導入推進委員会<sup>3)</sup>（現、BIM/CIM 推進委員会）から継続している CIM<sup>4)</sup>（Construction Information Modeling）の活発な取り組みを背景に、3 次元モデルを用いた形状情報と属性情報の作成、蓄積を行う環境が整備されてきている。

シールドトンネルデータ連携標準化検討小委員会（以下、本小委員会）は、シールドトンネル本体の効率的な維持管理の実現を目的として、BIM/CIM モデルに格納すべき、設計段階および施工段階での情報項目を明らかにするとともに、それらの情報を、シールドトンネル DB の技術情報の中から効率的に作成し、維持管理段階へ伝達する仕組みを構築する。具体的には、両者の連携により、

- シールドトンネル DB と BIM/CIM モデルの連携の効率化。
- 3 次元モデルがトンネルのライフサイクルに果たす役割の明確化。

を図ることを目標とする。したがって、本小委員会の活動は、シールドトンネルの BIM/CIM モデルの具体的な実現に大きく寄与する。さらに、以下に資すると考えられる。

- ① 日本のシールドトンネル構築技術の維持、将来の海外を含めたシールドトンネル構築へのフィードバック

- ② 事業者、設計者、施工者、研究者が当該技術に関する情報を共有し、トンネルのライフサイクル全体を俯瞰した個別技術の開発、および当該技術の妥当性を裏づけるデータの蓄積
- ③ ②で得られる知見の具体的成果として、トンネルの耐久性の向上と建設、維持管理コストの低減

## 1.2 本小委員会における検討

本小委員会では、シールドトンネルデータ連携標準化としてシールドトンネル技術情報DB（以下、シールド技術情報 DB）とのデータ連携を目的とする、シールドトンネルを表現する BIM/CIM モデル（以下、BIM/CIM モデル）を検討する。本小委員会の検討範囲を図 1.1 に示す。

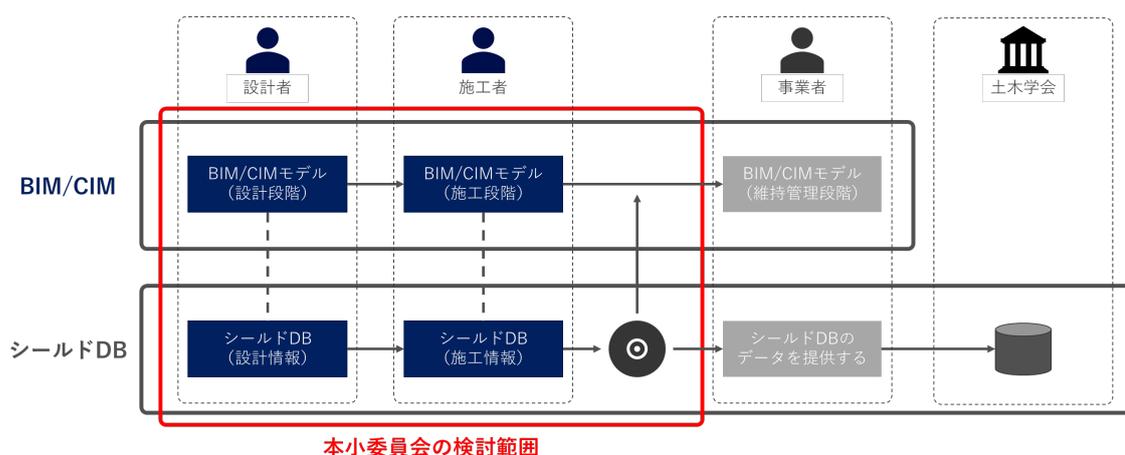


図 1.1 本小委員会の検討範囲

本小委員会では、次の手順で検討するものとした。

- ① 既存の研究事例等に基づいて、実現可能な手法を用いる。
- ② シールド技術情報 DB と BIM/CIM モデルの連携を定める。
- ③ ①に基づくシールドトンネルの BIM/CIM モデルの作成手法を定める。

以上の結果を取りまとめて、次のガイドラインを提案する。

- 1. シールド技術情報 DB と BIM/CIM モデルのデータ連携ガイドライン
- 2. シールドトンネルの BIM/CIM モデル作成ガイドライン

なお、検討メンバーとしては、数多くの課題解決を短期間に行う必要があることから、シールド DB 策定メンバー、シールドトンネルの計画、設計、施工の各実務に精通した技術者、そして過去に BIM/CIM の取り組みについて実績を有している技術者を産官学からそれぞれ迎えることとした。

### 1.3 本報告書の構成

本報告書は、全 6 章と付録で構成する。参考文献は、章ごとに参照することとした。

第 1 章（本章）では、本小委員会の背景、検討のアプローチを述べる。

第 2 章では、シールド技術情報 DB および BIM の現状について述べる。

第 3 章では、シールド技術情報 DB と BIM モデルの連携について述べる。

第 4 章では、シールドトンネルの BIM/CIM モデルの作成手法の開発について述べる。

第 5 章では、結論を述べる。

附属資料として、ガイドライン概要、BIM/CIM モデルの詳細度、既往の研究および国際学会等への対応、拡大したプロセスマップを示す。

### 1.4 用語

#### 1.4.1 BIM、CIM、BIM/CIM

Building Information Modelling の略。国土交通省は、2012 年に土木分野に適用する BIM として CIM（Construction Information Modelling）を提唱した。しかし、CIM は日本独自の表現である。欧米では、土木を含めたインフラ分野における BIM として BIM for Infrastructure、InfraBIM と称することが多い。このことから、2018 年度より国土交通省では BIM/CIM と表記し始めた。本報告書では、これらの用語で表す概念をすべて BIM/CIM と表すこととする。

#### 1.4.2 BIM/CIM モデル

BIM/CIM モデルは、実構造物をコンピュータ空間上にオブジェクトとして再現するもので、オブジェクトの形状を表す 3 次元の幾何形状、オブジェクトの特性を表す属性で構成するものである。

## 1.5 参考文献

- 1) 土木学会：シールドトンネル技術情報のデータベース化に関する検討、2011.
- 2) 土木学会：シールドトンネル技術情報作成マニュアル（案）、2011.
- 3) 国土交通省：CIM 導入推進委員会、<<https://www.mlit.go.jp/tec/it/index.html>>、（入手  
2020.6.30）
- 4) 矢吹信喜：CIM 入門－建設生産システムの変革－、理工図書、2016.

## 第2章 シールド技術情報 DB および BIM/CIM モデルの現状把握

### 2.1 概要

本章では、シールド技術情報 DB および BIM/CIM モデルの現状把握について示す。

シールドトンネル技術情報のデータベース（以下、シールド技術情報 DB）は、平成 19 年 6 月に、トンネル工学委員会技術小委員会のもとに設置した「シールドトンネルのデータベース構築に関する検討部会」（以下、シールド DB 検討部会）の成果<sup>1)、2)</sup>である。本小委員会では、シールド情報 DB を BIM/CIM モデルの利用の目標と位置づけ、BIM/CIM モデルとシールド情報 DB のデータ連携を図る。そこで、本章でシールド技術情報 DB の概要を示す。なお、本報告書では、シールド技術情報 DB は、次節に示すシールド DB とシールド DB システムを合わせたものとする。

BIM/CIM モデルの現状把握として、国内動向は国土交通省が制定する「CIM 導入ガイドライン（案）」<sup>3)</sup>と関連する資料、海外動向は buildingSMART International（以下、bSI）の概要を示す。

### 2.2 シールド技術情報 DB の現状把握

#### 2.2.1 シールドトンネル DB の構築とシールド DB システムの提案

##### 2.2.1.1 経緯

近年、わが国では、シールドトンネル工事の減少や団塊の世代を中心とするベテラン社員の退職により、日本のシールドトンネル構築技術の維持、向上が困難になりつつある。当該技術を円滑に継承するには、実際の現場経験を通じて教育を行うのが最も効果的であるが、その機会が減少している現状では、現場の施工記録およびデータを通して、それらを実現していく必要性が高まっている。一方、事業者が行っている維持管理業務では、トンネル本体の不具合個所の特定と経過観察が非常に重要であるが、その場合の不具合は、困難な施工を余儀なくされた結果として発生している事例が多い。したがって、建設当時の施工記録およびデータは、シールドトンネル構築技術の円滑な継承に役立つばかりではなく、維持管理業務における不具合の原因究明や、それらを踏まえた当該個所の補強、補修の意思決定にも大きく貢献する。

ここで、過去の施工記録およびデータの具体的な取得状況に着目すると、施工者の施工技術の蓄積、継承は企業活動に支障をきたさないレベルに留まっており、かつ各社独自の方法で行っていることが多い。また、資料を保管する場所も限られているため、過去の施工物件に関する詳細な情報の多くは散逸しているのが実情である。一方、事業者は、将来にわたり構造物を供用していくために必要な完成図書として、構造物の設計計算書としゅん功図面、初回点検時の変状展開図等は保存しているものの、構造物の完成に至るまでの詳細な施工記録や施工計画書、図面については、資料を保管する場所も限られているため、規定の保管期間を過ぎた段階で廃棄するが多い。特に事業主体が国、地方公共団体等の行政機関の場合では、定期的な人事異動や組織改正により担当者が代わることも多く、施工技術の蓄積、継承に適した体制を築くことが難しい現実もある。

#### 2.2.1.2 目的と意義

このような実情を踏まえ、これらの課題に直面しているさまざまな立場の人々に有益な情報を提供することができるように、今後、建設されるシールドトンネルの設計から完成に至るまでに得られる技術情報をデータベース化して残し、利用する方法について検討することを目的として、土木学会トンネル工学委員会技術小委員会シールドトンネルデータベース構築に関する検討部会において、シールドトンネル技術情報データベース（以下「シールドDB」と称す）が構築された。シールドDB構築の目的は、次の4項に集約できる。

- ① 日本のシールドトンネル構築技術の維持、将来のシールドトンネル構築へのフィードバック。
- ② シールドトンネル本体の効率的な維持管理業務への活用。
- ③ 事業者、設計者、施工者、研究者がシールドトンネル技術に関する情報を共有することによる、トンネルのライフサイクル全体を俯瞰した個別技術の開発、および当該技術の妥当性を裏づけるデータの蓄積。
- ④ ③で得られる知見の具体的成果として、トンネルの耐久性の向上と建設、維持管理コストの低減。

なお、上記を達成するためには、③にある「事業者、設計者、施工者、研究者がシールドトンネル技術に関する情報を共有する」という体制をいち早く構築することが重要である。しかし、総合評価方式に代表される現在の入札、発注形態のもとでは、この体制構築そのも

のが非常に難しいため、データを取得するためには、契約時に事業者が特記仕様書等でその意志を施工者に示すとともに、事業者、設計者、施工者が連携してその任にあたることが非常に重要である。

そこで、シールド DB では、事業者、設計者、施工者、研究者の協力が得られるように、それぞれの立場を踏まえて、施工記録およびデータを積極的に活用していくための主たる手段を提案するとともに、シールド DB を構築する場合の課題とその具体的な対応策について取りまとめている。

## 2.2.2 シールド DB とシールド DB システム

### 2.2.2.1 用語の定義

シールド DB 検討部会において取りまとめたシールド DB とシールド DB システムを理解するために必要な用語を表 2.1 に示す。

表 2.1 用語の定義

用語	定義
シールド DB	工事情報 DB、技術情報で構成される、シールドトンネルのデータベースの総称。
シールド DB システム	シールド DB の運用において、提出者（施工者）、提供者（事業者または発注者）、利用者、管理者という立場とその役割を明確に定義し、機能している仕組み。
工事情報データベース（工事情報 DB）	工事情報を集積したデータベース。工事情報は、提出者から提供者が受け取った DVD から抽出され、提供者が管理者に登録を依頼することによって管理者により工事情報 DB に登録される。
技術情報	工事識別データのすべて、技術資料一覧表、およびシールドトンネルの設計、施工において得られた工事関連資料、現場計測記録等の総称。提出者が主体となって「シールドトンネル技術情報作成マニュアル（案）」に則って作成し、DVD に収録される。
工事情報	技術情報のうちの、工事識別データ（トンネル諸元）と技術資料一覧表で、これらは会員に公開される情報である。
工事識別データ	シールドトンネルの基本的な情報で、工事名称のほか、トンネル諸元、立坑諸元、覆工諸元などから構成されている。一般に提出者と提供者の協力によって作成される。

技術資料一覧表	技術情報の内容とファイルの保存形式、その技術情報の開示範囲を1枚にまとめたもの。
開示範囲	技術情報の内容を開示する範囲。提供者は提出者と協議し、利用者に応じた範囲を設定する。
工事関連資料	シールド工事を行うために作成される、あるいは工事の進捗にともない作成される報告書、函面等の書面データの総称。設計関連資料、施工関連資料、しゅん功関連資料、工事記録で構成される。
現場計測記録	掘進管理データ（掘進日報、リング報等）や計測管理データ。書面データと数値データから構成される。
Phase1	シールド DB システム構築における第一段階で、提出者から「シールドトンネル技術情報作成マニュアル（案）」に則ったデータを取得し、提供者がそれらを保存、管理している状態。
Phase2	シールド DB システム構築における第二段階で、Phase 1 で取得、保管された情報の中から工事情報を提供者が管理者に提供し、管理者が開示している状態。利用者は当該技術情報の提供依頼を直接提供者に行うことにより、「シールドトンネル技術情報作成マニュアル（案）」に則ったデータを入手できる。
Phase3	シールド DB システム構築における第三段階で、Phase2 に加え、工事情報を含む技術情報を提供者が管理者に提供し、管理者が保存、管理している状態。利用者は当該技術情報の提供依頼を直接管理者に行うことにより、「シールドトンネル技術情報作成マニュアル（案）」に則ったデータを入手できる。
提出者	シールド工事に関する技術情報を作成する者または組織。一般に施工者が該当する。作成した技術情報は提供者に提出する。
提供者	シールド工事に関する技術情報を提出者から受け取り、保存、管理する者または組織。一般にそのトンネルを所有する事業者または発注者が該当する。Phase2 では、提出者から受け取った技術情報から工事識別データ（トンネル諸元）と技術資料一覧表を抽出し、管理者に提供する。
利用者	シールド DB の会員で、シールド DB を利用する者または組織。Phase2 では、管理者が開示している工事情報 DB を閲覧し、必要な技術情報の提供を提供者に依頼する。
管理者	シールド DB を管理している者または組織。Phase2 では、提供者から受け取った工事情報を蓄積し、工事情報 DB を構築、管理する。
発注者	契約により、シールドトンネルの完成を目的として設計や施工を発注する者または組織。事業者が発注者であることが多いことから、区分が必要な場合を除き、事業者と発注者を合わせて事業者と呼ぶ。なお、発注者は法律用語で、第3章では発注者を用いる。
事業者	事業を行うためにトンネルを所有、管理している者または組織。

施工者（請負者）	発注者から工事を受注し、請負契約によりシールドトンネルの完成を目的として施工を行う者または組織。請負者は法律用語で、第3章で使用する。
設計者	工事関連資料の一部となる設計関連資料のうち、主に設計図面や設計計算書を主体的に作成する者または組織。発注形態によっては、発注者や施工者が設計者と同一になる場合もある。
会員	シールドDBの利用申請を行い、管理者から利用の承認を得た者。

### 2.2.2.2 シールドDBの構成

シールドDBの構成を図2.1に示す。シールドDBは、工事情報DB、技術情報で構成される。

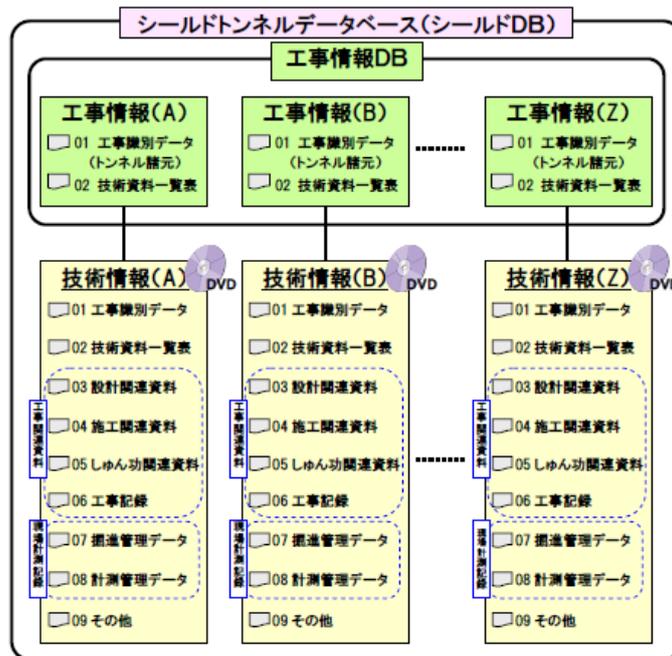


図 2.1 シールドDBの構成

### 2.2.2.3 シールドDBシステムの運用

シールドトンネルの建設や維持管理に携わる関係者間でシールドDBを公開、共有することは有意義であるが、一方でデータの提供者の立場からみると、技術ノウハウが流出することや悪用される可能性があることなどが懸念される。そこでシールドDB検討部会では、これらの相反する要求をバランス良く実現するとともに、できるだけデータを集積、公開、

共有していくことを目的としてシールド DB システムなる仕組みを提案している。

シールド DB システムは、シールド DB の運用において、提出者（施工者）、提供者（事業者または発注者）、利用者、管理者という立場とその役割を明確に定義し機能している運用形態のことを指しており、想定している運用形態は表 2.1 に示すように、Phase1～3 までであるが、現状は Phase2 での運用とし、図 2.2 および表 2.2 に示す運用手続きとデータを集約、公開、共有するための運用規程（案）をあわせて整備したうえで、これまでに 20 工区、29 トンネルのデータが登録されている。

なお、将来 Phase3 での運用とする場合には、その時代背景やニーズ、社会情勢、種々の法的制約などを考慮し、改めて運用規程を検討することが望ましいとしている。

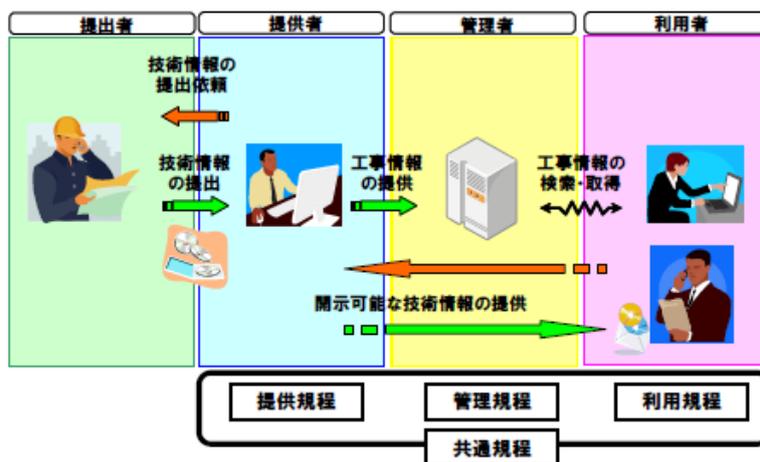


図 2.2 Phase2 でのシールド DB システムの運用形態

表 2.2 運用手続きおよび適用規程一覧 (phase2)

項目	対象	提供者	管理者	利用者	適用
会員の登録 (新規, 変更, 抹消)		申請 (受領)	(受領) 通知	申請 (受領)	様式-1
工事情報の登録 (新規, 変更, 抹消)		申請 (受領)	(受領) 通知		様式-2
工事情報 DB の公開・閲覧		(閲覧)	公開	(閲覧)	HP
技術情報の利用希望 (新規, 変更, 延長)		(受領)	(受領)	申請	様式-3
		通知	(受領)	(受領) DVD	
技術情報の利用終了 (終了)		(受領) DVD	(受領)	申請	様式-3
		通知	(受領)	(受領)	
利用料の 請求・支払			請求 (受領)	(受領) 支払	将来, 有料と なった場合
適用規程		提供規程	管理規程	利用規程	
		共通規程			

## 2.3 BIM/CIM モデルの現状把握

### 2.3.1 国土交通省の動向

国土交通省は、平成 29 年 3 月に「CIM 導入ガイドライン (案)」を発行した。「CIM 導入ガイドライン (案)」は、試行業務や工事の実施による知見等を基に、平成 30 年 3 月、令和元年 5 月に改訂を行っている。令和元年には「3 次元モデル標記標準 (案)」や、「土木 IFC 対応ソフトウェア標準要件 (案)」など、対応できる場面を拡充した。現在、国土交通省では、表 2.3 の基準・要領等を公開している。表 2.3 は、国土交通省の BIM/CIM ポータルサイト【試行版】<sup>3)</sup>の情報を整理したものである。

表 2.3 BIM/CIM 基準要領等一覧<sup>3)</sup>

要領・基準名	発行年	概要
3次元データ利活用方針	平成29年11月	CIM活用モデル事業における分析を踏まえて、測量・調査から設計、施工、維持管理の各段階での3次元データの活用方針を定めた。
ICTの全面的な活用の推進に関する実施方針	平成31年3月	「ICTの全面的な活用」の推進に関する実施方針の具体的措置について定めた。
CIM導入ガイドライン(案)	令和元年5月	公共事業に携わる関係者(発注者、受注者等)がCIMを円滑に導入できることを目的に作成したガイドライン。 第1編 共通編 「CIMモデル作成 事前協議・引継書シート」(Excel) 第2編 土工編 第3編 河川編 第4編 ダム編 第5編 橋梁編 第6編 トンネル編 第7編 機械設備編(素案) 第8編 下水道編 第9編 地すべり編 (参考) 港湾編
3次元データを契約図書とする試行ガイドライン(案)	令和元年5月	BIM/CIM活用業務およびBIM/CIM活用工事において、3次元データを契約図書とした試行を行うために必要な事項を定めたガイドライン。
BIM/CIM活用における「段階モデル確認書」作成マニュアル【試行版】(案)	平成31年3月	BIM/CIM活用業務およびBIM/CIM活用工事において、発注者や受注者等の関係者間で円滑な情報交換を実施するためのプロセスや情報確認要件を示した「段階モデル確認書」を、発注者が作成できるようにするための手順や、段階モデル確認書の活用方法を解説したマニュアル。
土木工事の情報共有システム活用ガイドライン	平成31年3月	土木工事における情報共有システムの利用にあたっての適切な活用と統一的な運用を図るためのガイドライン。最新版には、3次元モデルの共有・閲覧や、オンライン電子納品に関する機能の利用方法が追加

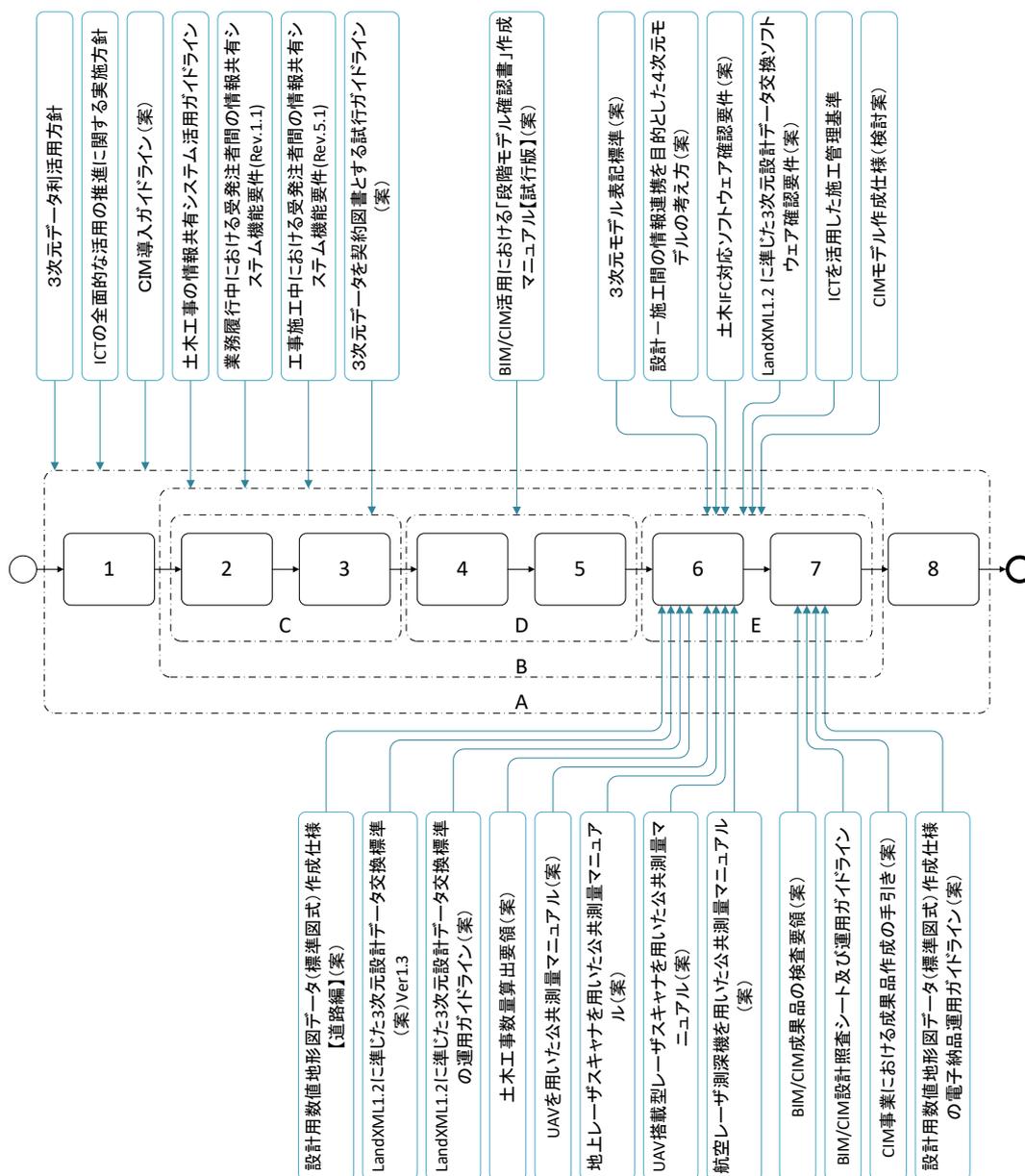
		されている。
3次元モデル表記標準 (案)	令和元年5月	3次元モデルを契約図書とするにあたり必要な寸法や注記情報の3次元モデルへの表記・表示方法の標準を定めた資料。
設計-施工間の情報連携を目的とした4次元モデルの考え方(案)	令和元年5月	設計で想定した施工手順や考慮すべき留意点について、4次元モデルを用いて設計-施工間での情報連携を図るため、4次元モデルの利用方法やモデル作成の考え方を示した資料。
設計用数値地形図データ(標準図式)作成仕様【道路編】(案)	平成29年3月	3次元道路設計に必要な3次元の地形や地物を数値地形図データ(標準図式)仕様に基づいて作成するための方法を定めた資料。
LandXML1.2に準じた3次元設計データ交換標準(案) Ver1.3(略称: J-LandXML)	平成31年3月	BIM/CIM や i-Construction で必要となる交換すべき3次元設計データを LandXML に準拠した形式で表記することとし、その内容及び、データ形式を定めたもの。
LandXML1.2に準じた3次元設計データ交換標準の運用ガイドライン(案)	平成31年3月	LandXML1.2に準じた3次元設計データ交換標準(案)に準拠した3次元設計データを作成・照査、及びソフトウェア間でデータ交換をする際に適用するガイドライン。
土木工事数量算出要領(案)	平成31年4月	土木工事に係る工事数量算出のための要領。従来の2次元図面による算出方法に加えて、3次元CADソフト等を用いた数量算出方法を記載。
BIM/CIM 成果品の検査要領(案)	平成31年3月	詳細設計業務の成果品である3次元モデルの発注者による検査に必要な事項を定めたもの。 受注者による設計照査は、別途、「BIM/CIM 設計照査シートの運用ガイドライン(案)」に定めている。
BIM/CIM 設計照査シート及び運用ガイドライン	令和元年5月	受注者による3次元モデルの設計照査の際に用いる「BIM/CIM 設計照査シート」の運用について規定したガイドライン。
CIM 事業における成果品作成の手引き(案)	令和元年5月	CIM 事業を対象に、提出する成果品の作成方法やその確認方法を定めた手引き。別途策定している「CIM 導入ガイドライン(案)」と併せて、CIM 事業において使用する。

設計用数値地形図データ（標準図式）作成仕様の電子納品運用ガイドライン（案）	平成 29 年 3 月	設計用数値地形図データ作成仕様に基づいて作成されたデータが、適切な品質を保った状態で電子納品するための運用を定めたガイドライン。設計用数値地形図データの作成に関しては、別途、「設計用数値地形図データ（標準図式）作成仕様【道路編】」に定めている。
土木 IFC 対応ソフトウェア確認要件（案）	令和元年 5 月	ソフトウェア検定等で利用できることを目的に、IFC に対応したソフトウェアが実装すべき機能の確認要件を定めた資料。
LandXML1.2 に準じた 3 次元設計データ交換ソフトウェア確認要件（案）	令和元年 5 月	ソフトウェア検定等で利用できることを目的に、LandXML1.2 に準じた 3 次元設計データに対応したソフトウェアが実装すべき機能の確認要件を定めた資料。
業務履行中における受発注者間の情報共有システム機能要件 (Rev.1.1)	平成 31 年 3 月	設計業務における書類などの情報を交換・共有することを支援する情報共有システムの機能要件を定めた資料。
工事施工中における受発注者間の情報共有システム機能要件 (Rev.5.1)	平成 31 年 3 月	工事施工中における書類などの情報を交換・共有することを支援する情報共有システムの機能要件を定めた資料。
UAV を用いた公共測量マニュアル（案）	平成 28 年 3 月 （平成 29 年 3 月 改正）	UAV で撮影した空中写真を用いて測量を行う場合の精度確保のための工程や作業手順等を定めている。
地上レーザスキャナを用いた公共測量マニュアル（案）	平成 29 年 3 月 （平成 30 年 3 月 改正）	地上レーザスキャナを用いて測量を実施する場合の精度確保のための工程や作業手順等を定めている。
UAV 搭載型レーザスキャナを用いた公共測量マニュアル（案）	平成 30 年 3 月	UAV 搭載型レーザスキャナを用いて測量を行う場合の精度確保のための工程や全体の作業手順等を定めている。
航空レーザ測深機を用いた公共測量マニュアル（案）	平成 31 年 3 月	航空レーザ測深機を用いて測量を行う場合の、精度確保のための工程や全体の作業手順等を定めている。

ICT を活用した施工管理基準	(リンク先を参照)	情報化施工を用いた施工管理を的確にかつ効率的に実施できる施工管理要領等。
CIM モデル作成仕様 (検討案)	平成 29 年 3 月	河川・護岸、樋門・樋管を対象に、それぞれの維持管理における具体的な CIM の活用場面と、3次元モデルの作り込みレベルを取りまとめたもの。

BIM/CIM モデルの作成には、プロジェクトのライフサイクルにおいて各段階に關与する仕様等との関係を把握することが重要である。そこで、各ガイドラインがプロジェクトのどの段階に關与するか整理し、図 2.3 に示す。プロジェクトのライフサイクルは、計画、設計、施工、維持管理という段階が一般的ではあるが、契約、納品等を含めると事業者やプロジェクトにより一律の表現はできない。そこで、本報告書では、ISO19650-2 に記載されているプロジェクト段階を参照するものとした。ISO 19650-2 は、「Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) – Information management using building information modelling – Part 2: Delivery phase of the assets (建物および土木工事に関する情報の編成とデジタル化 (建設情報モデリング (BIM) を含む) -建設情報モデリングを使用した情報管理-パート 2: アセットの伝達フェーズ)」という名称の国際規格である。ISO19650-2 は、受注者が情報を作成する活動における無駄を最小限に抑えるための情報管理プロセスを定義するものである。「ISO19650-2」はあらゆる規模および複雑さの建設施設およびそのプロジェクトに適用するものである。ISO19650-2 に記載のプロセスは、プロジェクト開始段階からプロジェクトの終了段階までに、契約を含めて発注者と受注者が行う行為を 8 段階に分け、その順序を示している。計画、設計、施工、維持管理といった個別の業務は、それぞれ、図 2.3 の「6: 業務実施段階」および「7: 業務完了段階」に含まれる。

図 2.3 に示すとおり、ほとんどのガイドライン類は業務実施段階で用いることを想定したものであることがわかった。プロジェクトの初期段階で用いるガイドラインは、「3次元データを契約図書とする試行ガイドライン」および「BIM/CIM 活用における「段階モデル確認書」作成マニュアル【試行版】(案)」のみが該当していることがわかった。



- |              |          |
|--------------|----------|
| 1：プロジェクト開始段階 | A：プロジェクト |
| 2：入札段階       | B：個別の業務  |
| 3：応札段階       | C：契約     |
| 4：契約締結段階     | D：業務着手   |
| 5：業務着手段階     | E：業務実施   |
| 6：業務実施段階     |          |
| 7：業務完了段階     |          |
| 8：プロジェクト完了段階 |          |

図 2.3 業務プロセスとガイドラインの関係

## 2.3.2 buildingSMART の動向

### 2.3.2.1 インフラストラクチャ分野の状況

bSI は、これまで建築分野を中心に利用されてきた IFC をインフラストラクチャ分野に対応すべく IFC の拡張プロジェクトを実施している。インフラストラクチャ分野への対応は、2013 年に ISO の国際規格 (ISO16739) となった IFC4.0 を基盤としている。2017 年に線形に対応した IFC4.1 を公開し、2019 年に橋梁に対応した IFC4.2 を公開した。2020 年に IFC4.2 を基盤とし、道路、鉄道、港湾、土工および地盤に対応した IFC4.3 を公開した。インフラストラクチャ分野に関するプロジェクトの状況を図 2.4 に示す。

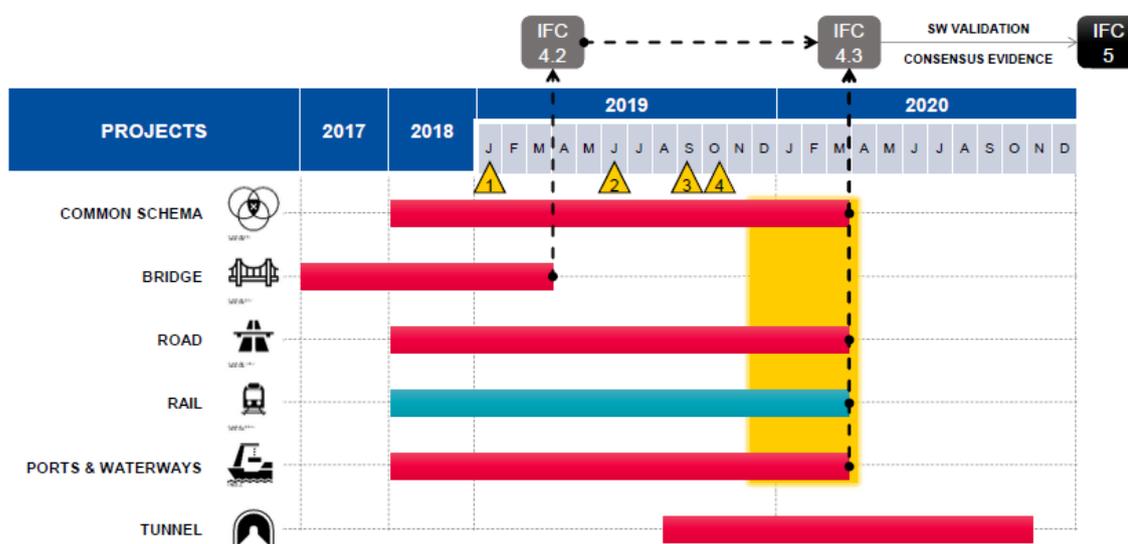


図 2.4 プロジェクトの状況

IFC4.1、IFC4.2 および IFC4.3 は、いずれも bSI の候補標準であり、今後、ソフトウェアへの実装テスト等を経て bSI の最終標準となる予定である。その後、ISO の標準化プロセスを経て国際標準を目指すことになる。インフラストラクチャ分野の拡張には、トンネルも対象範囲に含まれていたが、bSI におけるプロジェクト開始までのプロセスで時間を要したため、2019 年に正式なプロジェクトとして開始された。プロジェクトの実施期間は、2021 年中旬までを予定している。プロジェクト完了後に IFC4.3 にトンネルに対応する IFC を統合することとなる。

### 2.3.2.2 IFC-Tunnel の概要

IFC-Tunnel プロジェクト（図 2.5）（以下、トンネルプロジェクト）の目的は、トンネルの施工、現状、地盤の状態と対策工、構造および設備システムなど、トンネルを構成する要素のセマンティクスとジオメトリを正確に記述するために IFC を拡張することである。bSI の Infra Room において、2 年間の第 1 期プロジェクトとして開始した。現在は、プロジェクトの範囲と IFC トンネル拡張の要件を定義する作業を行っている。プロジェクト期間が制限されていることから、対象とするトンネルは広く普及している一般的なタイプに焦点を当てることとしている。また、実務において実用性の高い利用場面（ユースケース）を想定し、IFC の拡張と検証を合理的に行うこととしている。

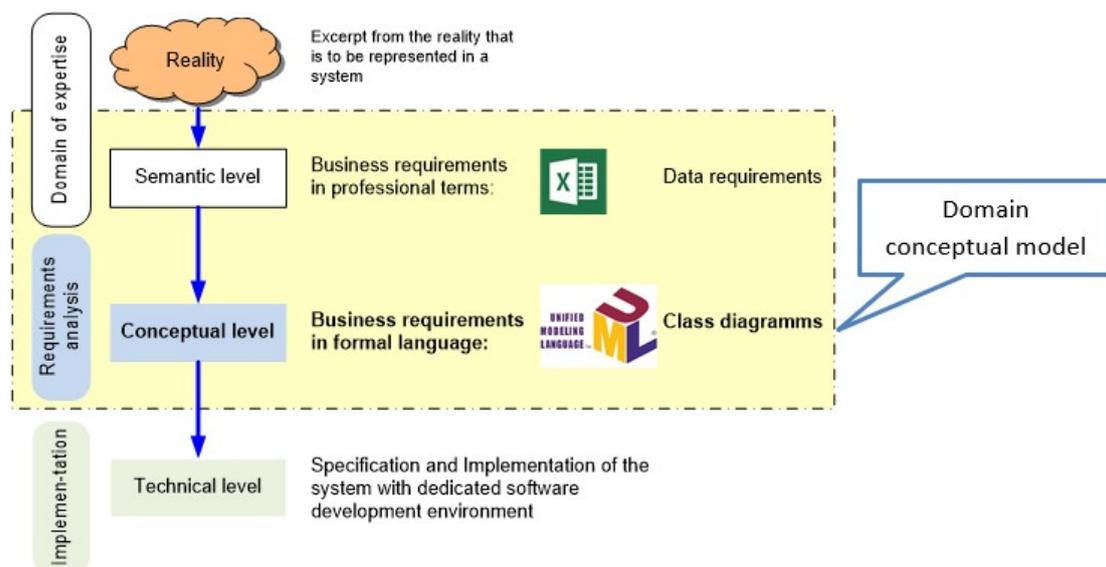


図 2.5 トンネルプロジェクト

トンネルプロジェクトの対象範囲は、トンネルの設計、施工中に作成し、維持管理、改築、供用に用いるために引き渡す、機能、ジオメトリおよびセマンティクスの情報である。トンネルに関する IFC の拡張では、地下で行われるインフラストラクチャプロジェクトにおけるデータ交換の重要度を考慮している。トンネルプロジェクトでは、IFC-Road、IFC-Rail、IFC-Ports and Waterways プロジェクトに基づいて開発した IFC4.3 を基盤として、IFC の拡張を検討している。

トンネルプロジェクトで検討したユースケースは、トンネルに関してすべてのユースケースを網羅するものではない。しかし、最も重要なユースケースは、トンネルの専門家への

意見照会に基づいて定めることとしている。加えて、いくつかの国の取り組みを考慮した。

IFC-Tunnel プロジェクトの最終目標は、トンネルに関するデータ交換およびアーカイブを、国際標準としての IFC で実現することである。これにより、ベンダーに依存せず、長期にわたってデータを持続することが可能になるとしている。

なお、本報告書で示す bSI のトンネルプロジェクトの動向は、現時点で提案されているものであり、今後の検討で変更される可能性がある。

### 2.3.2.3 対象範囲

トンネルプロジェクトの対象範囲は、トンネルの事業に関するさまざまな資料に基づいて定めることとしている。たとえば、地下および水中構造物 (DIN 1076)、人工地下通路 (オックスフォードディクショナリー)、通信用地下構造物 (UIC)、長い閉鎖輸送経路 (PIARC) および地下構造物、シャフト、チャンバー、通路および開削 (OSHA) などである。プロジェクトチームは、チーム内の検討、専門家への意見照会およびさまざまな調査に基づいて、図 2.6 に示す、トンネルタイプとサブシステムを提案している。トンネルプロジェクトの対象範囲には、日本で一般的にトンネルタイプとして用いる山岳トンネル (bSI では Conventional)、シールドトンネル (bSI では Mechanical)、開削トンネル (bSI では Cut & Cover) が含まれている。



図 2.6 トンネルタイプの提案

### 2.3.2.4 トンネルタイプおよびサブシステム

トンネルタイプは、トンネルの機能と施工方法に基づく分類とし、それぞれプロジェクトにおいて検討する際の優先順位を提案している。機能と施工方法は相互に関連していることを考慮している。表 2.4 に機能に基づく分類および優先順位、表 2.5 に施工方法に基づく分類および優先順位を示す。

表 2.4 機能に基づく分類の優先順位

優先順位 (高)	優先順位 (低)	対象外
道路トンネル 鉄道トンネル 地下鉄トンネル アクセストンネル	立坑 立坑 (換気トンネル) 水路トンネル 歩行者用トンネル 共同溝 地下施設	採掘トンネル

表 2.5 施工方法に基づく分類および優先順位

優先順位 (高)	優先順位 (低)	対象外
山岳工法 TBM (シールド) 工法 開削工法	ジャッキ工法 沈埋トンネル 立坑掘削 小断面トンネル	

トンネルの種類にかかわらず、通過する道路や鉄道が必要とする機能としての技術的 (機能的) サブシステムを設定している。これらは、トンネルの供用に必須の要素である。図 2.7 にサブシステムの提案、表 2.6 にサブシステムの分類および優先順位を示す。

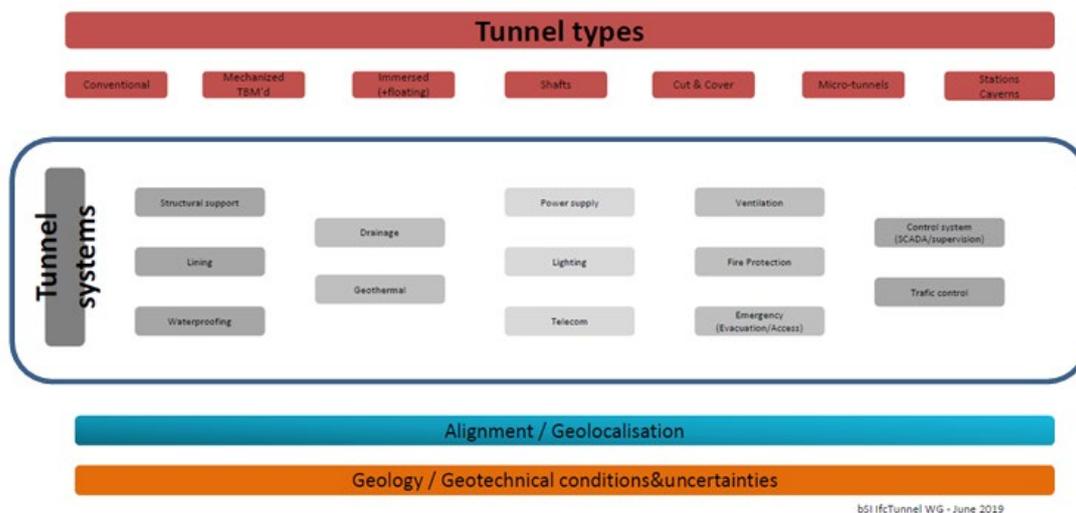


図 2.7 サブシステムの提案

表 2.6 サブシステムの分類および優先順位

優先順位（高）	優先順位（低）	対象外
監視/交通管理 換気 照明 防火 安全 排水 地下水対策 電力 通信	地熱	牽引

これらのシステムは、共用開始後だけではなく、建設段階の一次的な施設としても使用されるものである。各システムは、再グループ化できるコンポーネントで構成している。

### 2.3.2.5 ユースケース

IFC-Tunnel のユースケースは、各国のトンネルに関するプロジェクトを分析し、専門家への意見照会を行い、表 2.7 に示すとおり選定した。ユースケースは、優先度と必要なデータ構造の定義に伴う複雑度を分析し、トンネルプロジェクトで検討する範囲を決定する際の基礎情報としている。

表 2.7 ユースケース一覧

番号	ユースケース	説明	優先度	複雑度
1a	初期状態モデル	GIS を含めたさまざまなソースから、地形、既設構造物などの初期データを BIM トンネル設計ソリューションに取り込む	高	低
1b	地盤データ	線形計画、環境評価	高	低
2a	計画用地盤モデル	トンネルのルートに沿った地盤工学的リスクの評価	高	低
2b	設計用地盤モデル	工法選定、構造設計、地盤改良工法の決定	高	中
2c	施工・維持管理用地盤モデル	重要区間に関する詳細度の高いモデルの作成、建設中の地盤工学的リスクの評価、トンネル損傷の原因推定および維持管理段階の対策の検討	高	中

3	道路・鉄道線形	トンネル設計の基準とする線形および道路・鉄道の主要パラメータの取り込み	高	低
4a	技術検討のための可視化	プロジェクト関係者間で設計検証または調整に用いる設計検討事項を伝達するための3次元の可視化	高	低
4b	リアルな可視化	設計検討事項を第三者に示すためのリアルな可視化	低	中
4c	安全検討のための可視化	安全対策のためのドライバーの視界を可視化	低	中
5	設計の調整	モデルの組み合わせによる干渉チェックに基づくトンネル特有のサブモデルの調整	高	中
6a	設計段階の交換（参照モデル）	設計に用いる参照モデル（操作は限定されている）の交換	高	中
6b	設計段階の交換（完全モデル）	異なる設計ソフトウェア間の完全なパラメータで記述したモデルの交換（たとえば、受信側の設計ソフトウェアによる線形などの操作）	対象外	高
7	構造および地盤解析	トンネル、斜面および支保構造の数値解析（構造解析、地盤解析など）	低	中
8a	換気シミュレーション	利用者の安全を確保するため、トンネル供用中に生じる排ガスや火災のシナリオをモデル化した、空気力学、熱力学などの数値シミュレーション	低	中
8b	排水シミュレーション	トンネル内の水の挙動を分析する	低	中
9	設計基準に対するチェック	トンネル設計に関する法規、基準等の自動チェック	低	高
10	数量計算	積算、入札、清算および物流計画の基礎	高	低
11	施工手順（4Dモデル）	掘削量、掘削機械等の施工計画への関連付け	高	中
12a	設計から契約への引継ぎ（施工モデル）	入札書類の一部としての設計モデルの提供	高	中
12b	設計から契約への引継ぎ（地盤モデル）	地盤関連資料の3次元モデルへの変換	高	中
13	設計から施工への引継ぎ	プロジェクトの開始、土木機械の制御および現場での意思決定	高	低
14	工場製作	デジタル設計モデルに基づく生産プロセスの管理	低	低

15a	進捗管理	定期的な現場の進捗管理報告のための BIM モデルの利用	高	低
15b	地盤関連資料	プロジェクト期間中、特に掘削段階における地質モデルの更新	高	中
15c	施工時のスキヤニング	余掘りの判断の基礎として、掘削表面をスキヤンしたジオメトリの交換	低	中
15d	出来高に対する品質決定	実施または完了した作業の記録、計算およびすべての関係者への情報伝達	高	中
16	マシンコントロール	トンネル中心線形の設計値を基準とするトンネルボーリングマシンの操作	低	低
17	変状記録	建設中および供用中にトンネルの性能に影響を与える変状を記録することを目的とした、工事着手、工事中、供用中の変状の管理	低	中
18	地盤沈下観測	掘削中の地盤変動の監視	低	中
19	GIS への引継ぎ	地域または国の交通アセット管理の基盤として、完成モデルの引き渡し、アセット管理システムへの取り込み	高	低
20	資産管理への引継ぎ	高度なアセット管理での、現状を継続的に更新するデジタルミラーとしてのデジタルツインの活用	高	中

表 2.7 に示したユースケースの優先度と複雑度に基づいて、トンネルプロジェクトで対応するユースケースの優先度を選定した。

第 1 期のトンネルプロジェクトで対処すべきと判断した、優先度が高いユースケースは次のとおりである。

- 1a 初期状態モデル
- 1b 地盤データ
- 2a 計画用地盤モデル
- 2b 設計用地盤モデル
- 2c 施工・維持管理用地盤モデル
- 3 道路・鉄道線形
- 4a 技術検討のための可視化
- 5 設計の調整
- 6a 設計段階の交換 (参照モデル)

- 10 数量計算
- 11 施工手順（4Dモデル）
- 12a 設計から契約への引継ぎ（施工モデル）
- 12b 設計から契約への引継ぎ（地盤モデル）
- 13 設計から施工への引継ぎ
- 15a 進捗管理
- 15b 地盤関連資料
- 15d 出来高に対する品質決定
- 19 GIS への引継ぎ
- 20 資産管理への引継ぎ

将来のトンネルプロジェクトで対応するものと判断した、優先度が低いユースケースは次のとおりである。

- 4b リアルな可視化
- 4c 安全検討のための可視化
- 7 構造および地盤解析
- 8a 換気シミュレーション
- 8b 排水シミュレーション
- 9 設計基準に対するチェック
- 14 工場製作
- 15c 施工時のスキャニング
- 16 マシンコントロール
- 17 変状記録
- 18 地盤沈下観測

対応は複雑すぎるためトンネルプロジェクトの対象範囲外としたユースケースは次のとおりである。

- 6b 設計段階の交換（完全モデル）

「設計段階の交換（完全モデル）」のユースケースは、ソフトウェアベンダーがモデリング機能を適合させる必要があるため、これは、競争上の優位性、互換性、およびコスト/利益の観点から、実用的ではない。現在、この取り組みを正当化する明確な業界のニーズはない。

## 2.4 まとめ

本章では、シールド技術情報 DB および BIM/CIM モデルの現状把握として、シールドトンネル技術情報 DB の概要、国土交通省の動向および bSI の動向を示した。本小委員会では、国土交通省におけるシールドトンネルに関するガイドラインの有無、bSI で行われているトンネルプロジェクトにおけるシールドトンネルの対応について注目した。この結果得られたシールドトンネルのデータ連携に関する事項を以下にまとめる。

- ① シールド技術情報 DB は、事業者、設計者、施工者、研究者がシールドトンネル技術に関する情報を共有し、シールドトンネル構築技術へのフィードバックと維持、トンネルのライフサイクル全体を俯瞰した個別技術の開発、効率的な維持管理業務への活用、それらを通じたトンネルの耐久性の向上と建設・維持管理コストの低減を目的としている。
- ② シールド技術情報 DB に関するデータの取得に際して、契約時に事業者が特記仕様書等でその意志を施工者に示すとともに、事業者、設計者、施工者が連携してその任にあたるのが非常に重要である。
- ③ 契約時に事業者が特記仕様書等でその意思を施工者に示し、業務中に実行する際の手法として、「段階モデル確認書」作成マニュアル【試行版】(案)」が有効となる可能性がある。
- ④ bSI のトンネルプロジェクトの対象範囲には、日本で一般的にトンネルタイプとして用いる山岳トンネル (bSI では Conventional)、シールドトンネル (bSI では Mechanical)、開削トンネル (bSI では Cut & Cover) が含まれている。しかし、シールドトンネルを含めて、BIM/CIM モデルおよびデータ構造等に関する具体的な提案はされていない。

## 2.5 参考文献

- 1) 土木学会：シールドトンネル技術情報のデータベース化に関する検討、2011.
- 2) 土木学会：シールドトンネル技術情報作成マニュアル (案)、2011.
- 3) 国土交通省 国土技術政策総合研究所：BIM/CIM ポータルサイト【試行版】、  
<<http://www.nilim.go.jp/lab/qbg/bimcim/bimcimindex.html>>、(入手 2020.6.30)

## 第3章 シールド技術情報 DB と BIM/CIM モデルとの連携検討

### 3.1 概要

本章では、シールド技術情報 DB と BIM/CIM モデルとの連携検討について示す。

シールド技術情報 DB のうち特にシールド DB に保存するデータに着目し、シールド DB に保存するデータと BIM/CIM モデルの作成過程における連携について明らかにする。これは、前章で示した「シールド技術情報 DB に関するデータの取得に際して、契約時に事業者が特記仕様書等でその意志を施工者に示す」につながる点で重要である。受注者がどの時点で何を作成し、保存しなければならないかを明らかにするとともに、あらかじめ必要事項を把握することで、作業の手戻り、データの欠落を防ぐものである。BIM/CIM モデルの作成は、設計段階および施工段階の生産性や品質を向上させることだけでなく、維持管理段階に必要な情報を伝達することが目的である。すなわち、BIM/CIM モデルは、シールドトンネルのライフサイクルにおける情報コンテナの役割があるといえる。この観点において、シールド DB は、シールドトンネルの BIM/CIM モデルを作成する最終目標の一つであるといえる。そこで、本章では、シールド技術情報 DB に保存する情報、シールドトンネルに関する作業フローを整理する。シールド技術情報 DB に保存する情報が、シールドトンネルに関する作業フローのどの段階で作成されるかを明らかにする。また、これは情報コンテナとしての BIM/CIM モデルを作成しなければならない段階を把握することにつながる。

さらに、本章では、シールド技術情報 DB に保存する情報に関する情報セキュリティーおよびプライバシーポリシー等について示す。シールド技術情報 DB に保存する情報は、受注者（設計者および施工者等）のノウハウが含まれる場合があり、こうした情報の流出が懸念される。また、第三者が、漏洩した構造物の情報を悪用することも想定される。シールド技術情報 DB に保存する情報のセキュリティー等については、シールド DB 検討部会で検討されその方針が示されていることから、本報告書で整理して示す。

## 3.2 シールド技術情報 DB で保存する情報

### 3.2.1 基本的な考え方

保存する情報は、工事完了時に工事において得られた、あるいは作られた資料について、何を将来のために残すべきか整理したうえで決定し、その保存方法とあわせてまとめたものである。たとえば、工事において計測された数値とグラフのみ残されていても、5W1H (Who、When、Where、What、Why および How) がなければ何を意味するデータかわからず、それを利用することは非常に危険である。また数ページの報告書のみで結果が報告されていても、その根拠となるデータ群がなければ、報告書をまとめたときに判断した結果でしかなく、別の研究者や技術者が深く掘り下げることが、別の視点での解析もできない。計測における 5W1H を完全な形の報告書で残そうとすると、工事完了時に膨大な労力が必要となるうえ、その報告内容は報告書をまとめた者の力量と思想に支配されることとなる。せっかく時間と労力を使ってまとめた報告書であるにもかかわらず、将来日の目をみない可能性もある。報告書の作成に使用したデータのみ残されていても、将来別の研究者が研究対象とした場合、必要な項目の抜けがあったり、数値が何を示しているのか不明であったりと、有益な資料とならない可能性もある。一方、近年の技術の進歩にともない、膨大な紙データを容易に電子書類化し、DVD1 枚に収めることが可能となった。そこで、将来のために残す技術情報の姿は、ありのままの状態を、ありのままに残すということを基本に、工事で得られた計測データはもとより、作成した報告書や計画書等を、できるだけ手をかけずに保存することを前提としている。また、提出イメージは、国土交通省において運用されている CALS/EC による電子納品システムに似た形式としているが、多くの事業者が活用することを前提として、提出時の制約条件を緩和する意味で、資料作成時に指定のファイル形式に変換するなどの煩雑な作業は不要としている。

なお、ここで示している資料やデータ等については、そのすべてが完全に保存されていないということではない。また、保存する資料やデータは、あくまでも事業者と施工者の協議により保存内容を精査し、両者の合意を基本に作成することを前提としている。当然、資料やデータがない場合や、著作権等により第三者に開示できないことも十分に考えられる。なお、資料の収集やデータの入力に際しては、施工者のみではできないため、事業者の協力や、場合によっては設計者の協力も必要となる。

### 3.2.2 技術情報の概要

提出を受けた一連の技術情報は、効率的に検索できるとともに、何が提供されているのが容易に確認できるシステムが必要となる。そのためには、統一されたフォーマットで整理されなければならないが、整理できるものと、個々の工事ごとに内容が異なり整理できないものが存在する。



図 3.1 技術情報の構成

そこで統一されたフォーマットで整理できる項目は、工事識別データとしてフォーマットを指定することとし、フォーマットを指定できない図面や報告書、計測データ等についても保存方法を定めた。技術情報の構成を図 3.1 に示す。なお、今回取り上げた資料やデータは、提出を義務付けるものではなく、シールド工事に関連してどのような成果物があるのかを抜け漏れないように示したものであり、提出するか否かはあくまでも提出者の判断によるものとしている。

#### 3.2.2.1 工事識別データ

工事識別データは、技術の将来への伝承、維持管理を見据えたシールド工事関連資料の保存・管理のための検索用基礎データとして、インデックスの役割を担うものである。内容は、工事名称等を含んだトンネル諸元、立坑諸元、覆工諸元、シールド諸元等から構成されている。工事識別データの構成および記入内容を図 3.2 に示す。また、工事識別データのトンネル諸元については、「シールドトンネル技術情報作成マニュアル（案）」で設定した帳票に記入したものを、最終的にはデータベース管理者が保存し、工事情報 DB として公開することを想定している。

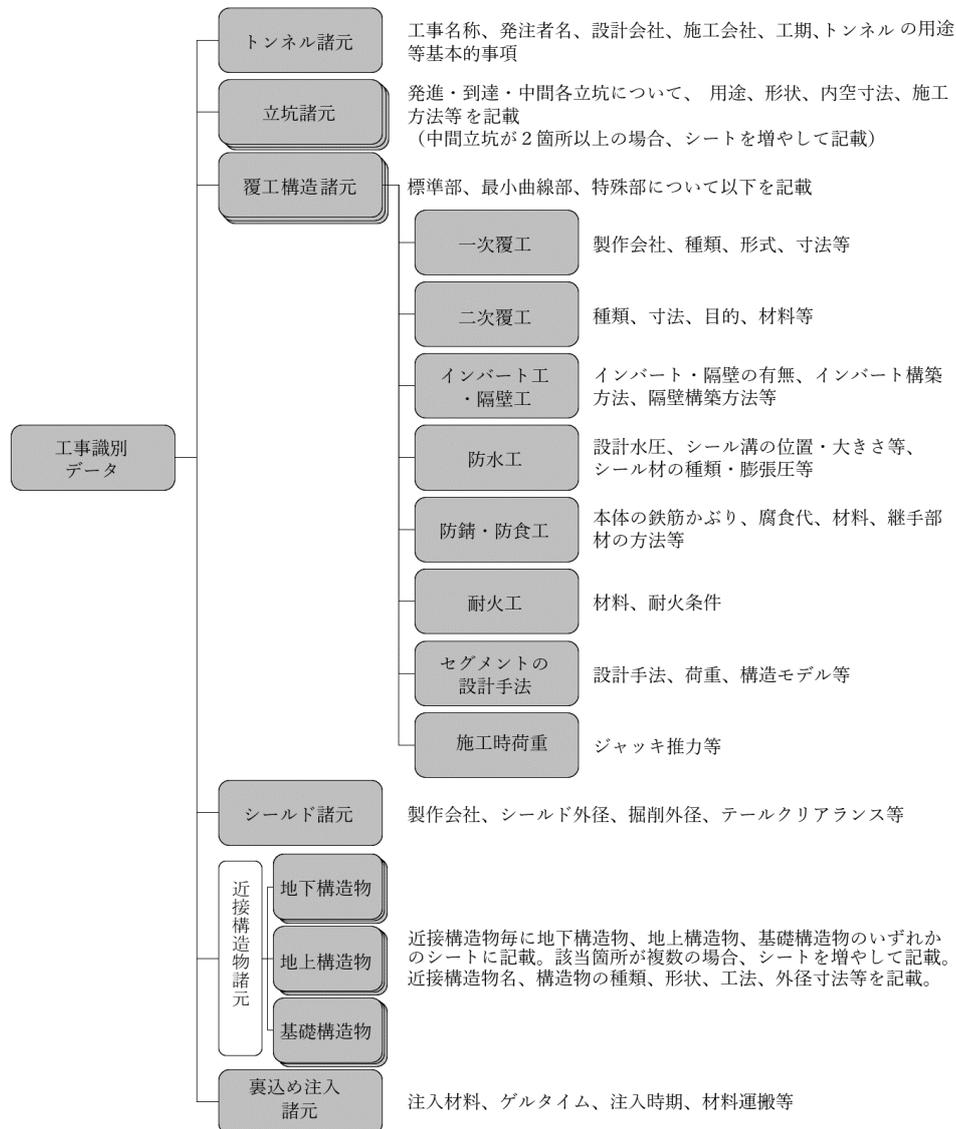


図 3.2 工事識別データの構成および記入内容

### 3.2.2.2 技術資料一覧表

保存された資料がすべての項目を網羅するとは限らないため、資料項目の内容を容易に確認できるように、保存されているデータ項目と、その保存形式の一覧表が必要となる。また保存されたデータの開示範囲を、あらかじめ作成者が決めておくことで、後日データ提供時の確認作業を簡略化することが可能となる。技術資料一覧表を表 3.1 に、その記入例を表 3.2 に示す。

表 3.1 技術資料一覧表

技術資料一覧表												
工事 名称	技術資料の項目		発注者	開示範囲 ※				保存形式				
			確認先	資料の有無	会員	発注	研究	確認	TEXT	PDF	SXF	他
工事 関連資料	設計 関連資料	地質調査報告書										
		地質断面図										
		設計図面										
		セグメント設計計算書										
		設計報告書										
		その他設計計算書										
		沈下、近接影響検討書										
		補助工法検討計画書										
		その他---①										
		特記仕様書										
	施工 関連資料	施工計画書										
		工事品質管理計画書										
		セグメント製作計画書										
		セグメント検査報告書										
		セグメント管理表										
		シールド製作仕様書										
		シールド検査成績書										
		シールド材製作計画書										
		シールド材試験報告書										
		表土注入材料材料検査報告書										
	しゅん 功 関連資料	実施工程表										
		その他---②										
		完成図又はしゅん功図										
		出来形図										
		ひび割れ展開図										
		工事写真ダイジェスト版										
	工事 記録	その他---③										
		パンフレット										
		工事ビデオ										
		トラブル報告書										
現場 計画 記録	その他---④											
	リング報											
	掘進日報											
	その他---⑤											
	計画計画書											
	計測結果報告書											
	セグメント計測結果											
	地盤計測結果											
	近接構造物計測結果											
	地表面変位計測											
その他---⑥												
その他---⑦												

※) 会員：シールド工に直接関係した会員すべてに開示許可  
 発注：発注者、事業者による開示許可  
 研究：大学等の研究機関の研究による開示許可  
 確認：提供者に開示の可否確認が必要（将来、第三者機関でデータを管理することになった場合、常に提供者に開示確認が必要）

その他の 資料	番号	資料名
論文 発表		
備考		

表 3.2 技術資料一覧表の記入例

技術資料一覧表											
工事 名称	地下鉄15号線 北島シールド工区		発注者	首都圏地下鉄株式会社							
			確認先	技術部	技術管理課	03-4321-1234					
技術資料の項目			施工者	鈴木・松坂建設共同企業体							
			資料の有無	開示範囲 ※			保存形式				
				会員	発注	研究	確認	TEXT	PDF	SXF	他
工事 関連資料	設計 関連資料	地質調査報告書	○		○	○	○		○		
		地質縦断面	○		○	○	○				
		設計図面	○		○	○	○		○		
		セグメント設計計算書	○		○	○	○		○		
		設計報告書	○					○		○	
		その他設計計算書	○								
		沈下、近接影響検討書	○					○		○	
		補助工法検討計画書	○		○	○	○			○	
		その他---①	○								
		施工 関連資料	特記仕様書	○					○		○
	施工計画書		○					○		○	
	工物品質管理計画書		○							○	
	セグメント製作計画書		○					○		○	
	セグメント検査報告書		○					○		○	
	セグメント管理表		○							○	
	シールド製作仕様書		○					○		○	
	シールド検査成績書		○					○		○	
	シールド材製作計画書		○					○		○	
	シールド材試験報告書		○					○		○	
	裏込注入材材料検査報告書		○					○		○	
	実施工程表		○					○		○	
	その他---②	○									
	しゅん 功 関連資料	完成図又はしゅん功図	○					○		○	
		出来形図	○					○		○	
		ひび割れ展開図	○					○		○	
		工事写真ダイジェスト版	○					○		○	
	その他---③	○									
	工事 記録	パンフレット	○	○						○	
		工事ビデオ	○								○
		トラブル報告書	○					○		○	
		その他---④	○							○	
	現場 計測記録	リング報	○					○	○		
		掘進日報	○					○		○	○
その他---⑤		○									
計測 管理 データ	計測計画書	○					○		○		
	計測結果報告書	○					○		○		
	セグメント計測結果	○						○			
	地盤計測結果	○					○	○			
	近接構造物計測結果	○									
	地表面変位計測	○					○		○		
その他---⑥	○						○	○			
その他---⑦	○						○	○			

※) 会員：シールドDBに登録された会員すべてに開示許可  
 発注：発注者、事業者にのみ開示許可  
 研究：大学や公的研究機関の研究者にのみ開示許可  
 確認：提供者に開示の可否確認が必要（将来、第三者機関でデータを管理することになった場合、常に提供者に開示確認が必要）

番号	資料名
④	セグメント補修報告書
⑥	環境計測結果報告書
⑦	発進立坑構造図、到達立坑構造図

論文 発表	新素材を用いたセグメントの適用事例：平成25年度 土木学会年次学術講演会VI部門 大深度への挑戦（北島シールド）：月刊土木 2013年8月
備考	

3.2.2.3 工事関連資料

工事関連資料は、以下の4つに分類した。それぞれの項目と収集理由を、表 3.3 および表 3.4 に示す。

① 設計関連資料

工事の発注前あるいは、工事の開始前に用意される資料で、工事目的物の構造や設計思想、地盤条件等の工事環境条件を確認するために必要な資料である。

② 施工関連資料

工事がどのような経過でなされたかを知るための資料で、工事全体の施工計画や工程、計画どおりの機械性能や材料特性を有していたかを確認するための資料である。

③ しゅん功関連資料

工事完成時に、その工事成果をまとめた資料で、構造物の完成状況を確認するための資料である。

④ 工事記録

工事の概要説明のためのパンフレットや発表記事等で、工事内容を容易に理解することが可能となる資料や、何らかのトラブル等に対する報告資料である。

表 3.3 工事関連資料の項目と収集理由 (1/2)

設計 関連 資料	地質調査報告書	トンネルの位置する周辺地盤の土質条件を理解するため。
	地質縦断図	施工時に想定した地盤条件とトンネルの位置関係を理解するため。
	設計図面	シールド工事の全体平面図、縦断図、トンネル断面図、セグメント構造図、配筋図などで、工事目的物の構造等を理解するため。
	設計報告書	構造物の設計方針や検討経緯、設計根拠を理解するため。
	セグメント設計計算書	セグメントの設計条件、解析モデル、荷重条件や想定される発生断面力を理解するため。
	その他設計計算書	セグメントの切り上げや開口部などの特殊部の設計条件や解析モデルを理解するため。
	沈下、近接影響検討書	シールド通過に伴ない周辺構造物へ与える影響や、他工事により受けるトンネルへの影響について理解するため。
	補助工法検討計画書	発進・到達防護、近接防護、急曲線防護など補助工法の内容を理解するため。

表 3.4 工事関連資料の項目と収集理由 (2/2)

	資料名	技術情報として必要な理由
施工 関 連 資 料	特記仕様書	工事発注時や変更時の施工条件や施工仕様を確認するため。
	施工計画書	工事全体あるいは工種ごとに、どのような設備と手順で施工を行ったのかを確認するため。
	工物品質管理計画書	どのような管理基準値や管理手法を用いたかを確認するため。
	セグメント製作計画書	セグメントの使用材料、製造場所、製造方法などを確認するため。
	セグメント検査報告書	製作されたセグメントの品質を確認するため。
	セグメント管理表	トンネルのどの部分に、どのメーカーのどのような形状のセグメントが使われているかを確認するため。
	シールド製作仕様書	シールドの仕様、能力、設計条件を確認するため。
	シールド検査成績書	シールドの能力の確認と、実際の構造寸法を確認するため。
	シールド材製作計画書	セグメントに設置するシールド材の形状、材質、性能、製造方法などを確認するため。
	シールド材試験報告書	セグメントに設置するシールド材の品質を確認するため。
	裏込注入材材料検査報告書	裏込注入材の強度や物性を確認するため。
し ゅ ん 功 関 連 資 料	実施工程表	工事の着工から完了まで、各工種がどのような時期に施工されたかを確認するため。
	完成図又はしゅん功図	最終的に完成した構造物の構造を理解するため。
	出来形図	最終的に完成した構造物の実際の構造寸法や線形などを確認するため。
	ひび割れ展開図	施工時にセグメントに発生したひび割れや欠けなどの状況を確認するため。
工 事 記 録	工事写真ダイジェスト版	
	パンフレット	工事全体の概要と特徴を容易に理解するため。
	工事ビデオ	シールド工事の状況を視覚的に理解するため。
	トラブル報告書	施工時に発生したトラブルの内容や原因を理解し、対処方法等を理解するため。

### 3.2.2.4 現場計測記録

現場計測記録として残すべきものは、実際の工事で計測されたデータ類である。このデータには、日々の掘進管理に必要な掘進管理データと、特別に計測断面を設けて行ったセグメント計測や地表面変位計測等の計測管理データとがある。表 3.5 に掘進管理データと計測管理データの種類と内容を示す。

表 3.5 現場計測記録の種類と内容

資料名		内容
掘進管理データ	掘進日報	1日のうちに施工を終えた各リングの代表値を、リングごとに整理した一覧表
	リング報	リングごとに、一定ストロークごとや一定時間ごとに計測された各種データ群で、自動的にコンピュータに蓄積されるデータ
計測管理データ	計測計画書	計測の目的や場所、計測項目、計測方法、計測機器などについて整理し、計測全体計画を把握するための基本となる計画書
	計測結果報告書	計測を行った後に、その結果について整理し考察した報告書 実際の計測器の配置、計測値の正負の見方や、変動要因などを明示
	セグメント計測結果	計測セグメントに設置された鉄筋ひずみ計、温度計、土圧計、間隙水圧計などの値で、自動的にコンピュータに蓄積されるデータ
	地盤計測結果	地盤計測断面に設置された地表面沈下計、層別沈下計、傾斜計などの値で自動的にコンピュータに蓄積されるデータ
	近接構造物計測結果	影響を与える恐れのある構造物に設置した沈下計、傾斜計などの値で自動的にコンピュータに蓄積されるデータ
	地表面変位計測	手動によって得られた地表面の沈下測量結果で、表計算ソフトに手動入力し、施工管理に使用したデータ
	その他の計測項目	初期掘進時の反力架台の歪み計や、土留め壁や支保工に設置した歪み計の値などで、将来何らかの解析を行う時に有用となると思われるデータ

### 3.2.2.5 データの保存方法

保存するデータは、検索に使うための工事識別データ、技術資料一覧表、工事関連資料と現場計測記録から構成されている。各技術資料を最も適した保存形式で電子データ化し、図 3.3 に示すような階層で DVD に保存する。

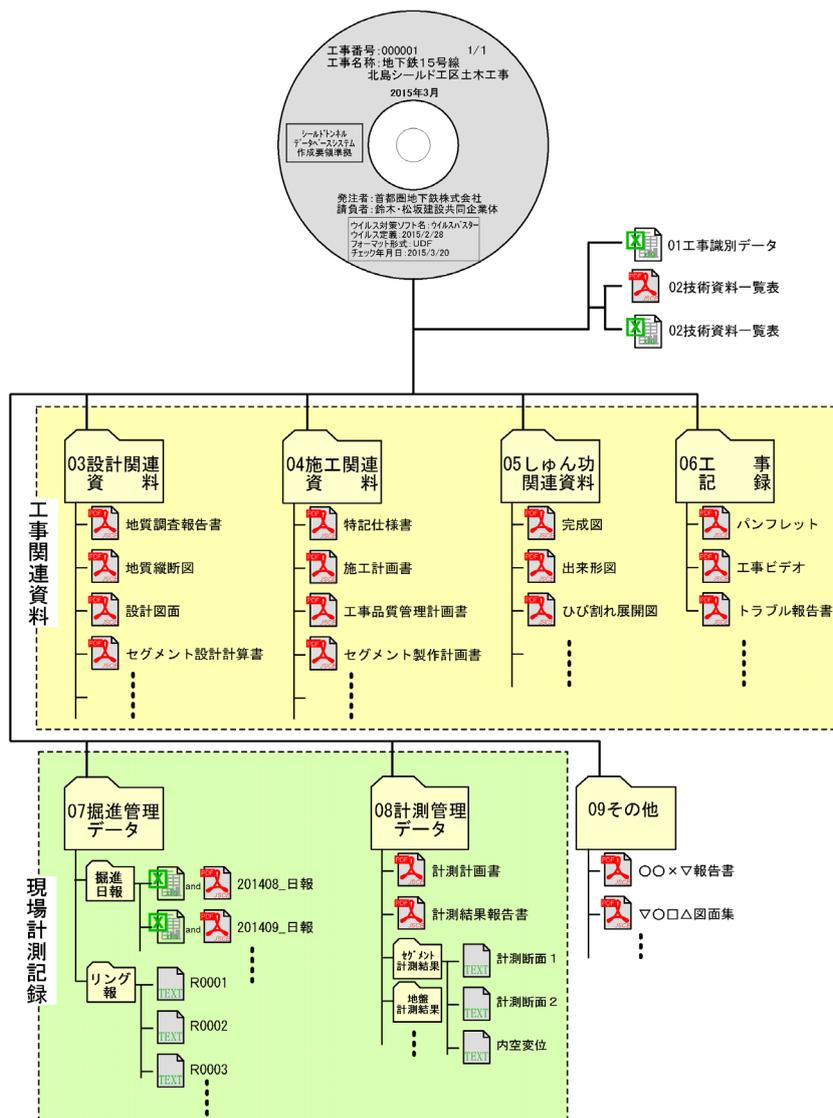


図 3.3 技術資料のフォルダ構成案

### 3.2.3 工事識別データ

#### 3.2.3.1 構成

工事識別データは、1つの工事請負契約ごとに作成することを原則とするが、1つのトン

ネルが発注者と施工者が同一で分割発注された場合には、将来の資料の活用を考えて、複数の工事請負を1つの工事識別データにまとめることを原則とする。以下に、その詳細を示す。

#### (1) 単独の工事識別データを作成する場合

原則として、下記に示すように、1台のシールドで掘削されたトンネルの工事識別データは1ファイルとする。なお、トンネル径や形状の変更を伴う場合は下記(2)として扱う。ただし、工事識別データ中の立坑諸元や一次覆工等の入力帳票は工事内容により複数種類の入力帳票となる場合がある。

- ① 1つのトンネル工事で、予算の関係等から同一請負人にトンネル工事範囲が分割発注された場合。
- ② 到達立坑にてシールドを引き上げ、同一シールドで別の立坑から再掘進した場合。
- ③ 中間立坑部（駅舎部、換気立坑部等）でシールドの坑内移動を行った場合。
- ④ 回転立坑部（駅舎部、換気立坑部等）でシールドの方向転換を行った場合。

#### (2) 複数の工事識別データを作成する場合

下記に示すように(1)に該当しないトンネルでは、工事識別データを複数ファイル作成する。また、複数の工事識別データ中の諸元（立坑諸元や一次覆工等）が共通する場合でも、各ファイルの入力帳票に同様に記載する。

- ① 1つの工事請負契約で、併設トンネルや地中接合等、複数のシールドで施工する場合。
- ② 1つの工事請負契約で、トンネル途中からシールド外径が異なる場合。
  - ・ 親子シールド工法や球体シールド工法を採用した場合、親機工区と子機工区で個別に工事識別データを作成する。
  - ・ 拡大シールド工法を採用した場合、標準施工区間と拡大施工区間に分けて工事識別データを作成する。なお、この場合の標準施工区間の掘進延長は、拡大施工区間を含むものとする。
- ③ 1つの工事請負契約で、トンネル途中からトンネル形状が変化する場合。
  - ・ H&V シールド工法での地中分岐や三円形シールド工法を採用した場合等は、トンネル形状ごとに工事識別データを作成する。

### 3.2.3.2 入力帳票の記載内容と記載方法

各項目に関する入力帳票の記載内容と記載方法の一例を表 3.6 および表 3.7 に示す。

表 3.6 トンネル諸元の入力帳票の記入例(1/2)

工事識別データ項目		記入欄	記入方法	備考	
管理コード番号			---	管理者が使用する欄。	
事業名称		地下鉄15号線建設工事	全角文字列	全体事業名称を記入。発注者に確認して記載する。	
工事名称	工事名称(1)	地下鉄15号線 北島工区土木工事	全角文字列	<ul style="list-style-type: none"> <li>・正式な工事名称を記入する。</li> <li>・1路線が年度や、委託による分割発注の場合に複数欄記入する。</li> <li>・複数台のシールドで複数のトンネルを施工した場合には、各シールドごとに工事識別データを作成する。 例) 同一工事を3台のシールドで施工した場合は、3つのデータファイルに分けてそれぞれ記入。 親子シールド、分岐シールド、直角連続掘進シールドの場合も、それぞれ別個のデータファイルに分けて記入。</li> </ul>	
	工事名称(2)				
	工事名称(3)				
施工場所	始点	都道府県 東京都 区市町村 ○○区	リストから選択 全角文字列	都道府県および市町村名まで記入。 例) 東京都足立区 岩手県花巻市 岡山県浅口市船穂町	
	終点	都道府県 東京都 区市町村 ■■区	リストから選択 全角文字列		
事業者発注者	事業者	東京都	全角文字列	[発注者]は部、局、支社、事務所の発注部署まで。 [事業者]、[発注者]には、契約時の名称を記入。 株式会社は発注者区分を「民間」とする。	
	発注者(1)	首都圏地下鉄株式会社			
	発注者(2)				
	発注者(3)				
設計会社	発注者区分	民間	リストから選択	[設計会社]には、契約時の名称を正式名称で記入(略称不可)。 必要に応じて記入欄追加。	
	設計会社(1)	〇〇コンサルタント株式会社	全角文字列		
	設計会社(2)				
	設計会社(3)				
	設計会社(n)				
設計会社(n)					
施工会社	施工会社(1)	鈴木建設株式会社	全角文字列	共同企業体の場合は代表会社を[施工会社(1)]に記入。 [施工会社]には、契約時の名称を正式名称で記入(略称不可)。 必要に応じて記入欄追加。	
	施工会社(2)	松坂建設株式会社			
	施工会社(3)				
	施工会社(4)				
	施工会社(5)				
	施工会社(n)				
工期	契約日	2013/11/26	数値入力、西暦表記	記入例:『2009/4/1』	
	着工日	2013/11/26			
	しゅん功日	2016/10/31			
	シールド掘進開始	2015/5/13			
	シールド掘進完了	2015/11/15			
トンネルの用途		鉄道(駅舎含む)	リストから選択	下水道事業における貯留管は[地下河川・調節池]の項を選択する。	
	その他用途名		全角文字列	[その他]を選択した場合、具体的な用途を記入。	
掘進延長	全長	930	数値入力、単位:m	一台のシールドで複数のトンネルを施工した場合、区間(1)~区間(4)にその区間長を記入し、その合計を全長の欄に記入。 例) 中間立坑がある場合、立坑間の区間長を記入。 シールドを転用した場合やUターン施工を行った場合、その各施工延長を記入。	
	シールド区間	区間(1)			930
		区間(2)			
		区間(3)			
		区間(4)			
施工形態		片押し	リストから選択	他工区、他JVを含めた形態を記入。 [地中接合]、[分岐]の詳細な工法はシールド諸元で記入。 [その他]を選択した場合、具体的な施工方法を記入。	
	その他形態名		全角文字列		
トンネル構築方向		横方向	リストから選択		
トンネル形状	単円形	○	○で選択	[重複円形]を選択した場合は、二連・三連・四連等の円数を半角数字で記入。	
	重複円形	円数記入			
	複合円形				
	楕円形				
	矩形				
	その他	形状名			全角文字列
シールド外径	円形	外径 9980	数値入力、単位:mm	掘削外径ではなく本体外径を記入。 [非円形]を選択した場合、縦および横寸法は最大となる部位での寸法を記入。	
	非円形	縦 横			
代表的覆工寸法	セグメント外径	9800	数値入力、単位:mm	二次覆工省略の場合は[二次覆工厚]の項に「0」を記入。	
	セグメント厚	450			
	セグメント幅	1600			
	二次覆工厚	0			
セグメントの種類	RC	◎	◎または○で選択 (複数選択可)	[代表的覆工寸法]に該当するセグメントの種類は「◎」を選択。 そのほかの使用したセグメントの種類は「○」を選択。	
	合成	○			
	ダクタイル				
	スチール				
	可撓セグメント	○			
その他	種類名	全角文字列	[その他]を選択した場合、具体的な種類を記入。		
シールド形式		泥土圧	リストから選択	[泥土圧]の項は気泡・特殊添加材使用含む。	
	その他形式名		全角文字列	[その他]を選択した場合、具体的な形式を記入。	
シールド特殊工法			全角文字列	具体的な形式記入[親子シールド工法][地中接合]等	
通過地	地上条件	道路	828	数値入力、単位:m	通過地は、項目中重複する区間が存在する場合には、①民地、②河川・海城、③その他、④道路の順位で通過延長距離を計上する。 該当項目に延長(m)を記入。合計が、掘進延長と一致することを確認のこと。 湖沼や貯水池等、淡水・汽水域については[河川]の項を選択するものとする。
		民地	102		
		河川			
		海城			
		その他			

表 3.7 トンネル諸元の入力帳票の記入例 (2/2)

工事識別データ項目		記入欄	記入方法	備考	
地質概要	沖積粘性土		○で選択	[地質概要]はシールド掘削土層に対して該当するものに記入。 N値については、50以上は「50」を上限として記入。 [その他]については、特殊条件等を記入。	
	N値	最小 最大	数値入力、整数表記		
	沖積砂質土		○で選択		
	N値	最小 最大	数値入力、整数表記		
	洪積粘性土		○で選択		
	N値	最小 最大	数値入力、整数表記		
	洪積砂質土		○		
	N値	最小 最大	33 50 数値入力、整数表記		
	礫・粗石		○		
	N値	最小 最大	48 50 数値入力、整数表記		
	最大礫・粗石径	縦 横	300		数値入力、単位:mm
	固結粘土(土丹含む)		○		
	qu	最小 最大	5 8 数値入力、単位:N/mm <sup>2</sup>		
	岩盤		○		
qu	最小 最大		数値入力、単位:N/mm <sup>2</sup>		
その他			文字列		
土被り	最大	22.7	数値入力、単位:m	[土被り]は、一次覆工に対する値で記入。	
	最小	14.1	(小数点第2位四捨五入小数点第1位まで)		
	一般部	19.0			
地下水圧	最大値	210	数値入力、単位:kPa	[地下水圧]は、シールド中心部における値で記入。	
	被圧水の有無		リストから選択	被圧水がある場合は○を選択。	
最小曲線半径		250.5	数値入力、単位:m	直線は「0」を記入。	
最大縦断勾配		-1.6	数値入力、単位:%	上り施工:+表記、下り施工:-表記	
併設トンネル	併設位置		リストから選択	[併設トンネル]とは、同一企業者の発注するシールドトンネルで、同程度の時期に、複数のトンネルが近接して施工されたものを指し、本項は[施工方法]の項で[並進・対面]もしくは[Uターン]を選択した場合に記入。 [先行切羽と後続切羽の離隔]の項は、[後続トンネルの施工時期]の項で[先行トンネル掘進中]を選択した場合に記入。	
	セグメント間離隔標準	最 小	数値入力、単位:m		
	後続トンネルの施工時期		リストから選択		
	先行切羽と後続切羽の離隔標準	最 小	数値入力、単位:m		
耐久性	トンネルの設計耐用期間	100	数値入力、単位:年	設計耐用期間を想定していない場合は無記入。	
備考			文字列	特記等を記入。	

### 3.2.4 掘進管理データ

#### 3.2.4.1 概説

シールド工事において、掘進管理を目的に収集されるデータは、シールドトンネル本体の維持管理における不具合個所の原因究明や補強、補修の意思決定に大きく貢献するものであり、さらに将来に向けてのシールドトンネル構築技術の維持・向上のベースとなるデータである。しかしながら、これらの掘進管理データは、事業者や施工者独自の様式に基づいており、多くの場合しゅん功後は事業者に提出する、あるいは担当者が個人で保有し、最終的に破棄されているのが現状である。そこで、掘進管理システムのデータ消失を防止し、シールド構築技術の維持・向上やシールドトンネル本体の効率的な維持管理への活用を図ることが重要である。

ここで対象とする掘進管理データとは、1日のうちに施工を終えた各リングの代表値を

リングごとに整理した掘進日報と、各リングについて一定ストロークごとや一定時間ごとに計測された各種データ群で構成されるリング報をいう。

ここでは、掘進管理データの収集様式の統一を図ることにより将来的なデータの活用を円滑化することを目的として、一般的なシールド工事を対象として取得データの種類、記録の様式例を示す。

#### 3.2.4.2 掘進日報

掘進日報は、1日の掘進状況を総括的に把握することを目的として、出来高、掘進記録、特記事項を1日単位でまとめて表記したものである。

- ① 出来高は、掘進延長・セグメント組立リング数・掘削土量で構成される。
- ② 掘進記録は、リングごとのシールド掘進時間・掘進距離の基本情報と、シールド掘進管理・セグメント組立管理・裏込め注入管理・線形管理に必要な管理項目の代表値で構成される。
- ③ 代表値は、それぞれの管理項目について、1リングの掘進状況を最も的確に表現するためにまとめた数値であり、最終値（1リング終了時点の値）、平均値、最大値から構成される。
- ④ 特記事項は、1日の掘進中に生じた施工条件の変化等特記すべき事項を記載する。

ここに示す掘進日報は、標準的なシールド工事を対象に作成したものであり、特殊なシールド工事の場合には、工事の内容に応じて項目を変更して使用する。

掘進日報の各項目の記載内容を表 3.8 に、土圧式シールドおよび泥水式シールドの掘進日報作成事例を表 3.9、表 3.10 に示す。

掘進日報の記載上の留意点を以下に示す。

- ① 1枚の掘進日報の対象範囲は、記載日付の日の作業範囲とし、記載日付の1方目開始時から翌日1方目開始前までとする。
- ② 1リングの施工が複数日にわたる場合は、セグメント組立完了時点の日付で掘進日報に記入する。
- ③ リングNo.は、セグメントの通し番号とする。当該リングNo.の切羽位置はシールド機前端部、裏込め注入位置はシールド機後端部で、セグメント位置と異なる。
- ④ シールド発進直後の仮セグメントを組み立てながらの掘進の場合は、リングNo.に「仮

1)「仮 2」・・・と記載する。中間立坑を通過する際の仮セグメント組立についても、同様に「仮○」・・・とする。

表 3.8 掘進日報の記載項目と記載内容

項目		単位	代表値	内 容	
出来高	掘進延長	m	—	掘進延長の前日までの累計, 本日計, 本日までの累計を記入	
	組立リング数	リング数	—	セグメント組立リング数の前日までの累計, 本日計, 本日までの累計を記入	
	掘削土量	m <sup>3</sup>	—	掘削土量の前日までの累計, 本日計, 本日までの累計を記入 掘削土量は地山土量とし, 掘進延長とシールド外径より算出	
基本情報	リングNo.	—	—	掘削リングNoを記入	
	掘進開始時刻	hh:mm	—	各リングの掘進開始時刻を記入 前日開始の場合は日付を付加	
	掘進終了時刻	hh:mm	—	各リングの掘進終了時刻を記入 前日開始の場合は日付を付加	
	掘進時間	min	最終値	掘進開始から終了までの時間を記入 掘進停止時間を含む	
共通	掘進距離	m	最終値	掘進開始から終了までの掘進距離を記入	
	総推力	kN	平均値	1リング掘進中の総推力の平均値を記入	
	ジャッキ圧力	MPa	平均値	1リング掘進中のジャッキ圧力の平均値を記入	
	掘進速度	mm/min	平均値	1リング掘進中の掘進速度の平均値を記入	
	カッタートルク	kN-m	平均値	1リング掘進中のカッタートルクの平均値を記入	
	コビー量	mm	最大値	1リング掘進中のコビーストローク計測値の最大値を記入	
	コビー範囲	deg	—	コビー量最大時点で設定されているコビー範囲を記入	
	中折れ角度(+右向き-左向き)	deg	最終値	1リング終了時点の中折れ角度を切羽に向かい右向き, 左向きで記入	
	中折れ角度(+上向き-下向き)	deg	最終値	1リング終了時点の中折れ角度を切羽に向かい上向き, 下向きで記入	
	ピッチング(+上向き-下向き)	deg	最終値	1リング終了時点のシールド機の水平からのピッチング角度を記入	
	ローリング(+右回り-左回り)	deg	最終値	1リング終了時点のシールド機の鉛直からのローリング角度を切羽に向かい右回り, 左回りで記入	
	掘進記録	シールド掘進状況	チャンパー内圧力	kPa <sup>*1</sup>	平均値
スクリュウ回転数			rpm	平均値	1リング掘進中のスクリュウ回転数の平均値を記入
掘削土量			m <sup>3</sup>	最終値	1リング終了時点の掘削土量計測値の累計を記入
添加材種別			—	—	1リング間に使用した添加材の種別を記入 1リング間に添加材を切り替えた場合は, 添加量の多い添加材の種別を記入
添加材注入量			m <sup>3</sup>	最終値	1リング終了時点の添加材注入量の累計を記入 1リング間に添加材を切り替えた場合は, 両方の添加量の合計値を記入
添加材注入圧力			kPa*1	平均値	1リング掘進中の添加材注入圧力の平均値を記入
泥水式		添加材注入率	%	最終値	掘進距離とシールド外径より算出される地山土量に対する添加材注入量の比率を記入
		切羽泥水圧力	kPa <sup>*1</sup>	平均値	1リングの切羽泥水圧力の平均値を記入
		掘削土量	m <sup>3</sup>	最終値	1リング終了時点の掘削土量計測値の累計を記入
		偏差流量積算	m <sup>3</sup>	最終値	1リング終了時点の偏差流量積算値を記入
		掘削乾砂量積算	m <sup>3</sup>	最終値	1リング終了時点の掘削乾砂量積算値を記入
		送泥密度	t/m <sup>3</sup>	平均値	1リング掘進中の送泥密度の平均値を記入
セグメント	排泥密度	t/m <sup>3</sup>	平均値	1リング掘進中の排泥密度の平均値を記入	
	送泥流量	m <sup>3</sup> /min	平均値	1リング掘進中の送泥流量の平均値を記入	
	排泥流量	m <sup>3</sup> /min	平均値	1リング掘進中の排泥流量の平均値を記入	
	セグメント種別	—	—	当該リングで使用したセグメントの種別を記入 (RC, 鋼製, 合成等の材質種別 重構造, 軽構造等の構造種別 スクラウド, テーパー等の形状種別を記入)	
	セグメント幅	mm	—	当該リングで使用したセグメントの幅を記入	
	テールクリアランス	mm	—	セグメント組立完了時点の上下左右のテールクリアランスを記入	
裏込注入	裏込注入量(A液+B液)	m <sup>3</sup>	最終値	1リング掘進終了時点の裏込注入量(A液+B液)積算値を記入	
	裏込注入圧力	kPa <sup>*1</sup>	平均値	1リング掘進中の裏込注入圧力の平均値を記入	
線形	裏込注入率	%	最終値	掘進距離とシールド外径, セグメント外径より算出される理論裏込注入量に対する裏込注入量の比率を記入 理論裏込注入量の算出に余掘り量を考慮するなど他の方法を用いる場合には, その方法を備考欄に記入	
	不陸量(+上-下)	mm	—	計画線形を基準とし, 当該リングの切羽側端部における誤差を記入	
備考	蛇行量(+右-左)	mm	—	計画線形を基準とし, 当該リングの切羽側端部における誤差を記入	
	当該日の掘進中に生じた施工条件の変化など特記すべき事項を記載				

\*1: 1kPa=1kN/m<sup>2</sup>





### 3.2.4.3 リング報

リング報は、シールドの進行に応じた掘進状況を詳細に把握することを目的として、シールド掘進 1 リングにおいて掘削機構、推進機構、排土機構および付属機構で計測されるデータをストロークごとに収集したものである。リング報の作成には、掘進管理システムを用いて各種計測値を施工情報として収集・整理することが肝要であり、その場合のハードウェアの構成例を図 3.4 に示す。

#### (1) リング報のデータ構成と出力内容

リング報のデータは、ストロークごとに収集される以下の項目で構成される。なお、各データはセグメント組立位置のリング No.を表題に収集するが、図 3.5 に示すように、切羽位置や裏込め注入位置はセグメント組立位置と異なるため、それらの情報を示すとともに、データ使用時にも注意が必要である。

#### ① 基本情報

リングごとのシールドの基本情報として、リング No、掘削時刻および掘削時間を記録する。基本情報は見出しとして、各リングデータの先頭に付記する。

#### ② 掘削・推進機構データ

シールド機の掘削に関するデータ、シールドジャッキの推進に関するデータおよび姿勢制御装置等のデータで構成され、ストロークごとに計測値を記録する。

#### ③ 排土機構データ

排土機構は土圧式シールドと泥水式シールドで大きく異なるため、各々の形式で計測されるデータに応じて、記録項目を設定している。ストロークごとに計測値を記録する。

#### ④ 付属機構データ

裏込め注入等の付属機構に関するデータで構成され、ストロークごとに計測値を記録する。

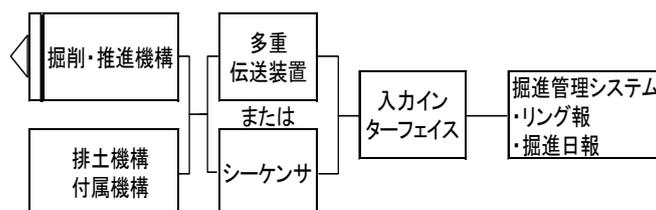


図 3.4 ハードウェア構成例

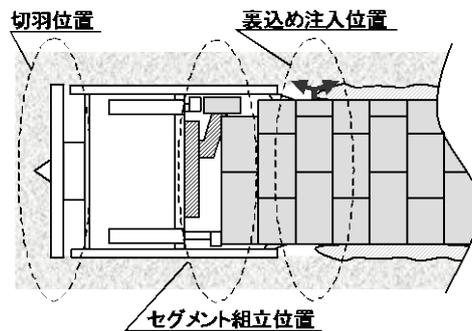


図 3.5 施工データの位置関係

リング報の各計測項目の記載内容と記載方法を表 3.11～表 3.13 に示す。なお、記載に関する留意点は以下のとおりである。

- ① ストロークごとの計測間隔は、推奨値を 1.0cm とする。なお、これにより難しい場合は、シールド掘進の状況に応じて独自で設定する。
- ② 計測値は、本項で制定した単位を使用するか、それに変換して記録する。
- ③ 記録データは電子データとして、CSV 形式で保存する。
- ④ 記録データは基本的にリングごとに 1 つのファイルとし、データ保存ファイル名は「R○○○.csv」とする（ただし、○○○はリング No.とする）。なお、データ項目が 1 つのファイルを超える場合は複数ファイルで保存し、「R○○○a.csv」、「R○○○b.csv」とファイル名を分けるものとする。

表 3.11 リング報の記載内容と記載方法（土圧式、泥水式共通項目）

項目	種別	細目	単位	内容		
共通	施工時間	リングNo.	—	掘削リングNoを記載		
		掘削時刻	開始時刻	hh:mm:ss	掘進開始時刻を記録する	
			終了時刻	hh:mm:ss	掘進終了時刻を記録する	
		掘削時間	総掘削時間	min	掘進開始から終了時刻を引いた総掘削時間を記録する	
			実掘削時間	min	掘進時間を積算して記録する	
待機時間	min		掘削モードの内で掘進していない時間を記録する			
共通	掘削・推進機構	年月日	yy:mm:dd	計測年月日を記録する		
		時刻	hh:mm:ss	一定のストローク毎に計測時刻を記録する		
		切羽水圧	(上)(下)(左)(右)	kN/m <sup>2</sup>	装備されている圧力計すべてを別々に記録する	
		シールドジャッキ	リング掘進ストローク	mm	作動ストローク計の平均値を記録する	
			ストローク：(上)(下)(左)(右)	mm	装備されているストローク計すべてを別々に記録する	
			ジャッキ速度：(上)(下)(左)(右)	mm/min	装備されているストローク計すべてを別々に演算して記録する	
			ジャッキ圧力	kN/m <sup>2</sup>	油圧発生装置の元圧を記録する	
			追従圧力	kN/m <sup>2</sup>	追従を選択した場合の油圧を記録する	
			ジャッキ使用本数	本	推進に使用したジャッキ本数を記録する（追従を除く）	
			シールドジャッキ (ON/OFF)	—	ジャッキ本数に応じて各ジャッキのON・OFF状況を記録する	
			その他	—	ジャッキのロック制御など特殊な制御を使用した場合に記載する	
		総推力	kN	油圧・ジャッキ本数から演算して記録する		
		カッタ	共通	回転：右	—	カッタの回転方向が切羽に向かって右の場合「1」を記録する
				回転：左	—	カッタの回転方向が切羽に向かって左の場合「1」を記録する
				トルク	kN・m	カッタトルクを駆動装置の信号から演算して記録する
				回転速度	r.p.m.	カッタの1分間の回転数を計測値から記録する
				回転積算：右	rev.	カッタ右回りの回転数の積算(全掘進延長)を記録する
				回転積算：左	rev.	カッタ左回りの回転数の積算(全掘進延長)を記録する
			油圧	カッタ駆動油圧	kN/m <sup>2</sup>	油圧カッタモータの圧力値を記録する
		電動	カッタモータ電流値	A	装備されているカッタモータの電流値すべてを別々に記録する	
			カッタ温度	°C	装備されているカッタモータのカッタ温度すべてを別々に記録する	
		アジテータ	電流値	A	アジテータを装備していれば電流値を記録する	
		ピッチング		deg	ピッチング計の計測値(上向き+, 下向き-)を記録する	
		ローリング		deg	ローリング計の計測値(切羽に向かって時計回り+)を記録する	
		ヨーイング	(ジャッキ方向角)	deg	装備していれば記録する	
		コピカッタ	ストローク (設定)	mm		
			開始角 (設定)	deg	装備していればすべてのコピカッタを別々に記録する。	
			終了角 (設定)	deg	開始角は天端を0°とし、切羽に向かって時計回りに360°で記録する	
			回転角度	deg		
			ストローク	mm		
		付属機構	中折れジャッキ	ストローク：(上)(下)(左)(右)	mm	装備していれば記録する
				中折れ角度：(水平) [+ : 右, - : 左]	deg	中折れジャッキストロークから演算して記録する
				中折れ角度：(鉛直) [+ : 上, - : 下]	deg	中折れジャッキストロークから演算して記録する
圧力	kN/m <sup>2</sup>			中折れジャッキ油圧発生装置の元圧を記録する		
テールクリアランス	(上)(下)(左)(右)		mm	テールクリアランス計を装備していれば別々に記録する		
裏込め注入	圧力 (元圧)		kN/m <sup>2</sup>	裏込め注入ポンプもしくは圧送ポンプの圧力を記録する		
	圧力：(右)(左)		kN/m <sup>2</sup>	同時裏込め注入装置を装備していれば記録する		
	A液流量：(右上)(右下)(左上)(左下)		ℓ <sup>3</sup> /min	装備されていなければすべてを別々に記録する		
	B液流量：(右上)(右下)(左上)(左下)		ℓ <sup>3</sup> /min			
	A+B液流量：(右上)(右下)(左上)(左下)		ℓ <sup>3</sup> /min			
	積算流量：(右上)(右下)(左上)(左下)	ℓ <sup>3</sup>	リング内の積算流量をすべてを別々に記録する			
積算流量：合計	ℓ <sup>3</sup>	裏込め注入量をリング内で積算して記録する				

表 3.12 リング報の記載内容と記載方法（排土機構：土圧式）

項目	種別	細目	単位	内容	
土 圧 式	一次排土機構	添加材	圧力	kN/m <sup>2</sup>	装備されている添加材注入装置に応じて記録する
			流量	リットル/min	
			流量積算	リットル	添加材注入量をリング内で積算して記録する
	スクリーコンバヤー		モータ圧力	kN/m <sup>2</sup>	駆動装置の油圧を記録する
			回転速度	r. p. m.	スクリーコンバヤー1分間の回転数を記録する
			排土量	m <sup>3</sup> /min	スクリーコンバヤーの回転数から演算して記録する
			積算排土量	m <sup>3</sup> 添加材含む	排土量をリング内で積算して記録する
			ゲートストローク	mm	スクレーガートの開度をストロークで記録する
	掘削排土量	掘削土量積算	m <sup>3</sup> 添加材除外	排土量をリング内で積算して記録する	
	二次排土機構	スクリーコンバヤー	圧力	kN/m <sup>2</sup>	駆動装置の油圧を記録する
			回転速度	r. p. m.	スクリーコンバヤー1分間の回転数を記録する
			排土量	m <sup>3</sup> /min	スクリーコンバヤーの回転数から演算して記録する
			ゲートストローク	mm	スクレーガートの開度をストロークで記録する
ベルト搬送		ベルトコン速度	m/min	ベルト速度を記録する	
		排土流量	m <sup>3</sup> /cm	ベルト速度から演算して記録する	
掘削排土量	排土量積算	m <sup>3</sup> 添加材含む	排土量をリング内で積算して記録する		
三次（圧送ポンプ）排土機構	ポンプ圧力	ポンプ油圧 (P1...Pn)	kN/m <sup>2</sup>	圧送ポンプ油圧を別々に記録する	
		圧送回数積算 (P1...Pn)	回	圧送ポンプ回数をリング内の積算で別々に記録する	
	圧送ポンプ添加材	注水流量 (P1...Pn)	リットル/min	圧送ポンプでの注水量を別々に記録する	
		注水量積算 (P1...Pn)	リットル	圧送ポンプ注水量をリング内の積算で別々に記録する	
	掘削排土量	排土密度	g/cc	密度計の計測値を記録する	
		排土流量	m <sup>3</sup> /min	流量計の計測値を記録する	
		排土量積算	m <sup>3</sup> 添加材含む	排土量をリング内で積算して記録する	

表 3.13 リング報の記載内容と記載方法（排土機構：泥水式）

項目	種別	細目	単位	内容
泥 水 式	送泥	送泥水圧	kN/m <sup>2</sup>	送泥水圧を記録する
		送泥流量	m <sup>3</sup> /min	送泥流量を流量計から記録する
		送泥密度	g/cc	密度計の計測値を記録する
	排泥	排泥流量	m <sup>3</sup> /min	排泥流量を流量計から記録する
		排泥密度	g/cc	密度計の計測値を記録する
	循環	循環流量	m <sup>3</sup> /min	排泥流量を流量計から記録する
	掘削偏差	流量	m <sup>3</sup> /min	排泥流量 - ((断面積) × ストローク) を演算して記録する
		リング流量積算	m <sup>3</sup>	偏差流量をリング内で積算して記録する
	掘削土砂	量1	m <sup>3</sup> /min	((排泥流量) - (総泥流量)) を記録する
		量2	m <sup>3</sup> /cm	ストローク毎の((排泥流量) - (総泥流量)) を記録する
		量積算	m <sup>3</sup>	((排泥流量) - (総泥流量)) をリング内で積算して記録する
	掘削乾砂	量1	m <sup>3</sup> /min	時間流量から乾砂量を演算して記録する
		量2	m <sup>3</sup> /cm	ストローク毎の乾砂量を演算して記録する
		量積算	m <sup>3</sup>	乾砂量をリング内で積算して記録する
	ポンプ回転数	回転数 (P1...Pn)	r. p. m.	圧送ポンプの回転数を別々に記録する
	ポンプ電流	電流 (P1...Pn)	A	圧送ポンプの電流値を別々に記録する
	ポンプ圧力	吸込圧力 (P1...Pn)	kN/m <sup>2</sup>	圧送ポンプの吸込圧力を別々に記録する
(吸込/吐出) 吐出圧力 (P1...Pn)		kN/m <sup>2</sup>	圧送ポンプの吐出圧力を別々に記録する	

### 3.2.5 計測管理データ

#### 3.2.5.1 概説

シールド工法は、都市部での限られた地下空間を有効に利用するために採用されることが多い。近接構造物や地下埋設物が輻輳しているなどの前例のない条件下では、ほとんどの場合、計測による周辺地盤の変位および覆工の応力分布の把握が試みられてきた。これらの膨大な計測データは、成果として報告書・論文に取りまとめた後は適切な保存が行われているとはいえない。多くの場合、担当者の管理に委ねられ、時間とともに消失の危険にさらされているのが現状である。

ここで対象とする計測管理データとは、前項で述べた一般的な掘進管理データとは別に、新技術の有効性の検証や設計手法の妥当性の検証といった特定の目的のための計測により得られたデータ群を指す。計測目的は、次の4つに分類できる。

- ① 覆工への（作用荷重等の）影響
- ② 地盤変状
- ③ 近接する重要構造物への影響
- ④ 地表面変位計測

掘進に伴って実施する「地表面変位計測」以外は、特殊断面、超近接施工、接続・分岐部等の特殊な条件を対象とする場合が多く、将来の同種工事の合理的な計画に有用性の高い情報である。また、施工時の断面力や変状の傾向を記録として残すことは、初期状態を把握するという意味で将来の維持管理上の観点からも重要である。

#### 3.2.5.2 データの項目

計測対象となる項目はある程度限られているが、計測方法および測定計器は多数存在するため、ここでは最近の代表的な計測事例を紹介する。セグメント計測の事例における計測項目を表 3.14、計測概要を図 3.6 に示す。

表 3.14 セグメント計測項目の例

計測項目	計器	変換単位
セグメント周方向鉄筋応力	鉄筋計	N/mm <sup>2</sup>
セグメント軸方向鉄筋応力	鉄筋計	N/mm <sup>2</sup>
セグメント外周面の土圧	土圧計 (ダイヤフラム式)	kPa <sup>*1</sup>
セグメント外周面の水圧	間隙水圧計	kPa <sup>*1</sup>
坑内温度	温度計	°C
リング間目開き	亀裂変位計	mm
ピース間目開き	亀裂変位計	mm
リング間目違い	カンチレバー型変位計	mm
ピース間目違い	カンチレバー型変位計	mm

\*1 1kPa=1kN/m<sup>2</sup>

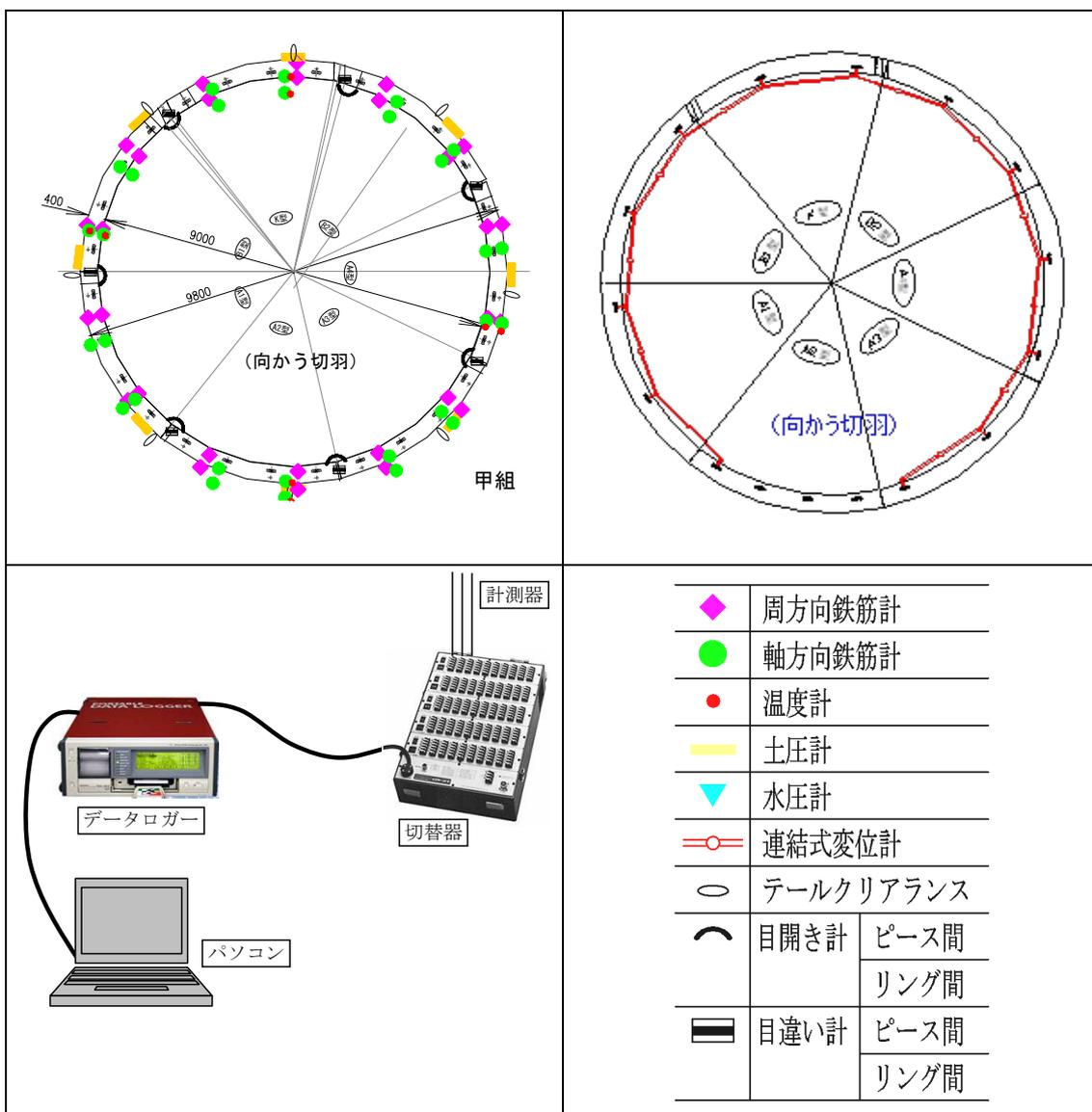
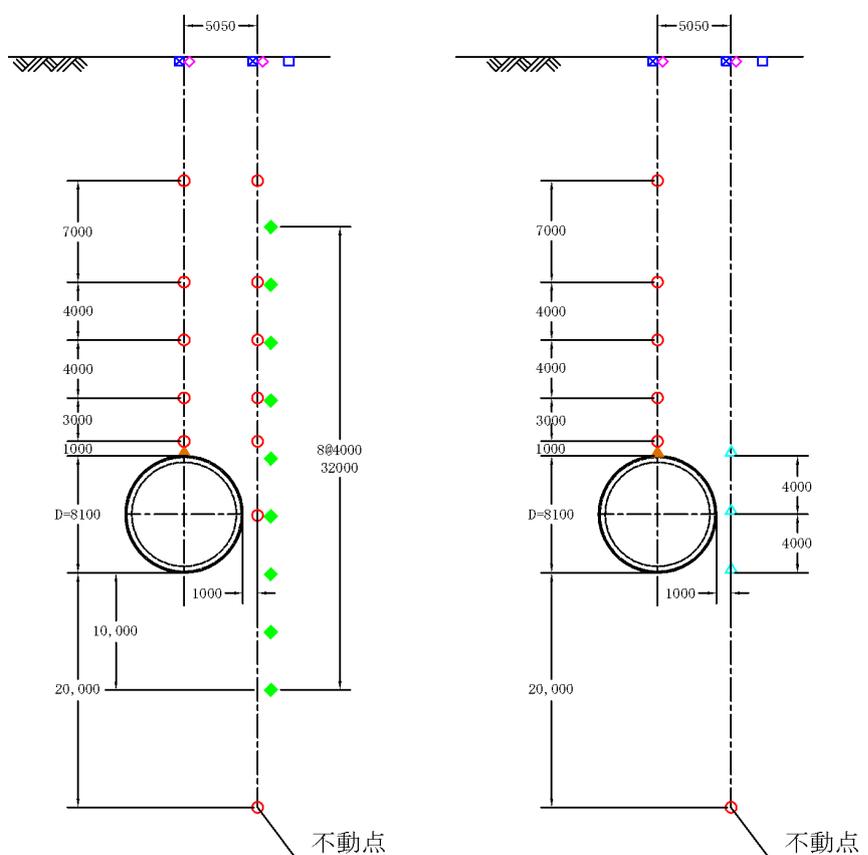


図 3.6 セグメント計測概要

次に、地盤計測の計測項目の例を表 3.15、計測概要を図 3.7 に示す。

表 3.15 計測項目の例

計測項目	計器	変換単位
地中鉛直変位	層別沈下計/ワイヤ式変位計	mm
地中水平変位	埋設型傾斜計	mm
地表面鉛直変位	連通管式沈下計	mm
外気温	温度計	℃
構造物傾斜	設置型傾斜計	分



凡例	計測項目	計測機器
○	地盤鉛直変位	層別沈下計
◆	地盤水平変位	多段式傾斜計
⊠	地表面鉛直変位	水盛式沈下計
□		基準水槽
◇	温度	温度計
△	間隙水圧	間隙水圧計
▲	覆工土圧	土圧計

図 3.7 計測概要

### 3.2.5.3 データの保存形式

計測データは、対象に応じて計測手法、測点数がさまざまであり、統一した保存形式を規定するのは現実的ではない。計測データを保存する際に注意すべきことは、将来、別の利用者が計測データを有効に活用できるように、データの誤った解釈を防止することである。

実際の計測では、計器から直接得られる信号は電圧であり、これに必要なに応じて校正係数を乗じることでひずみや土圧などの物理量となる。さらに、保存するデータは変換ミスを防ぐために、応力値等の使用頻度の高い物理量に変換することを基本とし、保存形式は csv とする。校正前後のデータの例を表 3.16、表 3.17 に示す。

表 3.16 オリジナルデータの例

No.	日時	甲S1-in	甲S1-out	甲S2-in	甲S2-out	甲S3-in	甲S3-out	甲S4-in	甲S4-out
1	2013/7/29 18:00	-2572	-1533	-3074	-1721	-1507	-1783	-1443	-2614
2	2013/7/30 10:02	-2574	-1549	-3021	-1688	-1499	-1793	-1408	-2591
3	2013/7/30 10:04	-2575	-1549	-3021	-1688	-1500	-1793	-1408	-2592
4	2013/7/30 10:06	-2575	-1549	-3022	-1688	-1499	-1794	-1409	-2591
5	2013/7/30 10:08	-2575	-1550	-3023	-1688	-1499	-1794	-1409	-2591
6	2013/7/30 10:10	-2575	-1550	-3023	-1688	-1500	-1794	-1409	-2591
7	2013/7/30 10:12	-2576	-1551	-3022	-1688	-1499	-1793	-1408	-2591

ひずみ等は直接利用できない場合が多いため、保存対象としない

表 3.17 校正後の物理量データの例

No.	日時	甲S1-in N/mm <sup>2</sup>	甲S1-out N/mm <sup>2</sup>	甲S2-in N/mm <sup>2</sup>	甲S2-out N/mm <sup>2</sup>	甲S3-in N/mm <sup>2</sup>	甲S3-out N/mm <sup>2</sup>	甲S4-in N/mm <sup>2</sup>	甲S4-out N/mm <sup>2</sup>
1	2013/7/29 18:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	2013/7/30 10:02	-0.16	-1.24	4.11	2.56	0.62	-0.78	2.71	1.78
3	2013/7/30 10:04	-0.23	-1.24	4.11	2.56	0.54	-0.78	2.71	1.71
4	2013/7/30 10:06	-0.23	-1.24	4.03	2.56	0.62	-0.85	2.64	1.78
5	2013/7/30 10:08	-0.23	-1.32	3.95	2.56	0.62	-0.85	2.64	1.78
6	2013/7/30 10:10	-0.23	-1.32	3.95	2.56	0.54	-0.85	2.64	1.78
7	2013/7/30 10:12	-0.31	-1.40	4.03	2.56	0.62	-0.78	2.71	1.78

保存するデータは使用頻度の高い応力(N/mm<sup>2</sup>)等とする

保存されたデータが正しく利用されるためには、保存データの使用に必要な諸元が記された計測計画書等をデータとともに保存する必要がある。これが不適切な場合、以下のような原因による誤使用が想定される。

- ・ 計測位置（個所、部位）がわからない。
- ・ 初期値がいつの時点なのかわからない。
- ・ 計測時間の記録が掘進記録と合っていない。
- ・ 計測値の正負の方向がわからない。
- ・ 計測値のゼロが何を示すのかわからない。

以上のことから、計測計画書には以下の項目について記載する必要がある。

- ① 工事概要
- ② 計測対象物および計測位置図（平面図、縦断図）
- ③ 計測項目、計測方法および計測機器
- ④ 計測機器配置図（平面図、縦断図）
- ⑤ 計測データ（物理量）の単位、および初期値
- ⑥ 計測期間、日時（掘進管理データとの同期が必要）
- ⑦ 各計測データの正負の定義、ゼロの定義

⑥に示すように、計測データと掘進管理データを同期させる場合があるが、1つの掘進リング No.に対応する切羽、セグメント、裏込め注入の位置はそれぞれ異なる。そのため、必要に応じて、計測計画書にこれらの施工個所のずれ量（距離）を明示する必要がある。

⑦の計測された物理量の正負の方向は、計測対象物や位置関係に応じて決定されることも多く、統一できていないのが実情である。正負の相違は誤った解釈を行う危険性があるため、混乱を招かないよう正負の定義を明記する必要がある。主要データに対しては正負の統一（案）を表 3.18 に示すので参考にされたい。

表 3.18 計測物理量の正負の統一（案）

計測器	評価項目	単位	正負の向き		備考
			+	-	
鉄筋ひずみ計	鉄筋応力	N/mm <sup>2</sup>	引張	圧縮	初期値と変換式（弾性係数など）を明記する。
コンクリートひずみ計	コンクリート応力	N/mm <sup>2</sup>	圧縮	引張	初期値と変換式（弾性係数など）を明記する。
土圧計、水圧計	土圧、水圧	kPa*1	加圧	減圧	初期値に対する加減を指す。
目開き計	目開き	mm	開	閉	
目違い計（リング間）	目違い	mm	地山側	内空側	坑口側のセグメントを基準に計測する。
目違い計（ピース間）	目違い	mm	地山側	内空側	切羽に向かって、時計回り方向で手前側（時間の若い方）のピースを基準に計測する。
距離計・変位計	内空変位	mm	地山側	内空側	初期値をどの段階に設定したか明記する。
層別沈下計	地盤鉛直変位	mm	隆起	沈下	初期値をどの段階に設定したか明記する。
傾斜計 （トンネル軸直角方向）	地盤水平変位	mm	離れる	近づく	初期値をどの段階に設定したか明記する。
傾斜計 （トンネル軸方向）	地盤水平変位	mm	進行方向	坑口側	初期値をどの段階に設定したか明記する。
連通管式沈下計	地表面鉛直変位	mm	隆起	沈下	初期値をどの段階に設定したか明記する。
設置式傾斜計	構造物傾斜	° / ′	任意		向きは対象構造物ごとに個々に設定し、明記する。

\*1 1kPa=1kN/m<sup>2</sup>

### 3.3 シールドトンネルに関するプロセスの整理

シールド DB に保存する情報を「いつ」、「だれが」作成するかを明らかにするため、ならびにシールドトンネルの BIM/CIM モデルの作成段階を想定するための、シールドトンネルに関する作業手順（以下、プロセス）を、道路トンネルを例にまとめる。プロセスは、設計段階から施工段階までの一連の流れを示す全体プロセスと、全体プロセスから取り出した設計段階および施工段階のプロセスを示す。ここで作成するプロセスは、BIM/CIM モデルの作成に関するプロセスを作成する基礎となる。なお、本報告書で整理するプロセスは、本委員会の討議に基づくプロセスである。本報告書のプロセスがシールドトンネルのすべてのプロセスを代表するものではない。

プロセスを図式表現したものをプロセスマップと呼ぶ。プロセスマップは、表記法として BPMN（Business Process Model & Notation）を利用する。BPMN は、業務を実行する際に、関係者が共通に理解しておくべき、仕事のはじめ方、役割分担、各担当の仕事内容などのフローを記述する手法で、国際標準（ISO 19510<sup>11</sup>）である。本報告書に記載したプロセスマップの業務プロセスの整理で使用した BPMN の表記を図 3.8 および表 3.19 に示す。図 3.8 は、プールおよびレーンを示す。プールは、BPMN においてプロセスの全体範囲を表し、レーンはプロセスを実行する関係者（アクターという）を表す。表 3.19 は、本報告書においてプロセスを表すために使用した各記号を示す。



図 3.8 プールおよびレーン

表 3.19 各記号

記号	内容
	プロセスの開始を表す。開始イベントという。
	プロセスの終了を表す。終了イベントという。
	プロセス内で実行する作業を表す(タスクという)。タスクはプロセスを構成する最小単位。ID とタスク名を枠内に記載する。
	タスク内の詳細なプロセス (サブプロセス) を持つ場合のタスクの表し方(サブプロセスを持つタスクという)。ID とタスク名を枠内に記載する。
	プロセスの分岐を表す。プロセスのひとつの流れを複数の流れに分岐させるが、分岐した流れはすべて実行することを表す。並列ゲートウェイという。
	プロセスの分岐を表す。プロセスのひとつの流れを複数の流れに分岐させるが、分岐した流れはひとつのみ実行することを表す。排他ゲートウェイという。
	プロセスの分岐を表す。プロセスのひとつの流れを複数の流れに分岐させるが、分岐した流れはひとつ以上実行することを表す。包含ゲートウェイという。
	情報交換の対象となるデータ等を表す。データオブジェクトという。
	タスクの論理的な順序を示す実線の矢印。シーケンスフローという。
	プール協会を超えてメッセージを渡すために使用する破線の矢印。メッセージフローという。

### 3.3.1 全体プロセス

#### 3.3.1.1 全体プロセスの説明

全体プロセスは、予備設計の着手から、詳細設計、シールドトンネル本体の施工までを対

象とし、以下に示す①から③を想定する。なお、全体プロセスは、シールドトンネル本体に着目し、立坑、シールドトンネル内に築造する共用設備等は対象外とした。

全体プロセスは、設計開始から施工の完了までの範囲で次のとおり想定する。

- ① 発注者の発注により、設計者が予備設計を実施し、発注者が完了を承認する。
- ② 発注者の発注により、設計者が詳細設計を実施し、発注者が完了を承認する。
- ③ 発注者の発注により、施工者が設計照査の後に工事を実施し、発注者が完了を承認する。発注者は施工者の設計照査に合わせて設計変更を行う。

上記の全体プロセスのプロセスマップを図 3.9 に示す。

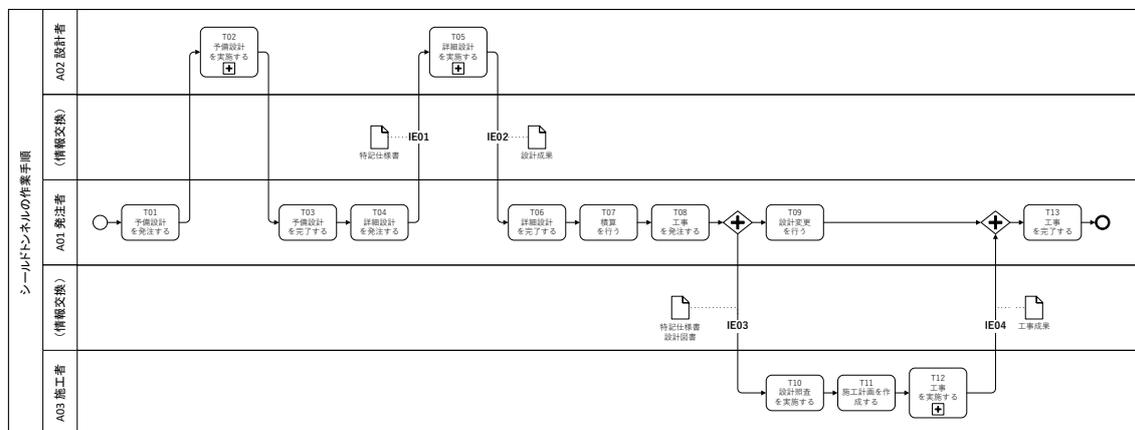


図 3.9 全体プロセスのプロセスマップ

図 3.9 のプロセスマップの構成要素であるアクター、タスクおよび情報交換 (IE) について以下に説明する。なお、図 3.9 のプロセスマップでは、情報交換のレーンを設けている。これは、BPMN のルールから逸脱した表記法であるが、本報告書では情報交換を明確に示すためこの方法を用いることとした。

### 3.3.1.2 全体プロセスのプロセスマップの要素

#### 1) アクター

[A01] 発注者

- ・ 発注者は、設計および施工の注文者を行う者をいう。発注者には、発注者の業務を請負者が代行する場合を含む。

[A02] 設計者

- ・ 設計者は、発注者の注文により設計を行う者をいう。設計者は、元請け、協力会社等の階層構造になる場合を含む。ただし、プロセスに示す設計者は、発注者と直接契約するものを前提としている。

#### [A03] 施工者

- ・ 施工者は、発注者の注文により施工を行う者をいう。施工者は、元請け、協力会社等の階層構造になる場合を含む。ただし、プロセスに示す施工者は、発注者と直接契約するものを前提としている。

## 2) タスク

#### [T01] 予備設計を発注する

- ・ 設計会社に対して予備設計業務を入札公告し、落札者と契約する。

#### [T02] 予備設計を実施する

- ・ 空中写真図または実測図、地質資料、現地踏査結果、文献、概略設計等の成果物及び設計条件に基づき、目的構造物の比較案について技術的、社会的、経済的な側面からの評価、検討を加え、最適案を選定したうえで、平面図、縦横断面図、構造物等の一般図、計画概要書、概略数量計算書、概算工事費等を作成する。

#### [T03] 予備設計を完了する

- ・ 設計成果物を完成させる。

#### [T04] 詳細設計を発注する

- ・ 予備設計の成果を基に設計会社に対して入札を行い、落札者へ設計を発注する。

#### [T05] 詳細設計を実施する

- ・ 実測平面図（空中写真図を含む）、縦横断面図、予備設計等の成果物、地質資料、現地踏査結果および設計条件等に基づき工事発注に必要な平面図、縦横断面図、構造物等の詳細設計図、設計計算書、工種別数量計算書、施工計画書等を作成する。

#### [T06] 積算を行う

- ・ 詳細設計成果に基づき、工事発注の費用を算出する。

#### [T07] 工事を発注する

- ・ 詳細設計と積算結果を基に建設会社に対して入札を行い、落札者へ工事を発注する。

#### [T08] 設計変更を行う

- ・ 発注時に予見できない施工条件や環境の変化が発生した場合に設計変更を行う。

#### [T09] 設計照査を実施する

- ・ 設計に間違いがないか、設計条件と施工条件が異なっていないかを確認する。

#### [T10] 施工計画を作成する

- ・ 施工の着手前に、工事目的物を完成させるための必要な手順や工法について計画を立案する。

#### [T11] 工事を実施する

- ・ 施工計画に基づき、材料・機械・労務を手配し、品質・安全・環境・工程・コストを考慮し工事を行う。

#### [T12] 工事を完了する

- ・ 工事目的物を完成させる。

### 3) 情報交換

#### [IE01] 特記仕様書

- ・ 共通仕様書を補足し、当該設計業務等の実施に関する明細または特別な事項を定める図書

#### [IE02] 設計成果物

- ・ 設計図書に示す成果物

#### [IE03] 特記仕様書

- ・ 共通仕様書を補足し、当該建設作業の順序、使用材料の品質、数量、仕上げの程度、施工方法等工事を施工するうえで必要な技術的要求、工事内容を説明した図書

#### [IE04] 工事成果物

- ・ 工事完成時に納品する成果品

### 3.3.2 設計段階のプロセス

設計段階のプロセスは、全体プロセスの「T02 予備設計を実施する」および「T05 詳細設計を実施する」に着目する。設計段階のプロセスは、国土交通省が制定する「土木設計業務等共通仕様書（案）（令和2年度版）第6編道路編 第7章トンネル設計 第3節シールドトンネル設計<sup>2)</sup>」を参照し、本委員会の討議により作成した。

### 3.3.2.1 予備設計のプロセスの説明

予備設計のプロセスは、設計者が行い、設計計画から照査までの15のプロセスを想定した。予備設計のプロセスのプロセスマップを図3.10に示す。

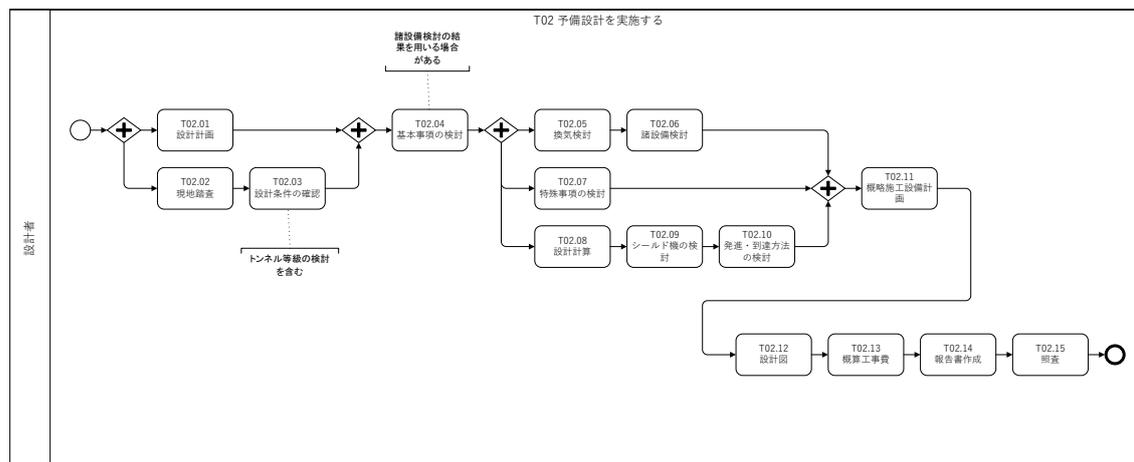


図 3.10 プロセスマップ（予備設計）

### 3.3.2.2 予備設計のプロセスに関するプロセスマップの要素

#### 1) アクター

[A02] 設計者（3.3.1.2 1)参照）

#### 2) タスク

[T02.01] 設計計画

- ・ 業務の目的・主旨を把握し、設計図書に示す業務内容を確認し、業務計画書を作成する。

[T02.02] 現地踏査

- ・ 設計に先立って現地踏査を行い、設計図書に示された設計範囲および貸与資料と現地との整合性を目視により確認するものとする。また、地形、地質等の自然条件、地物、環境条件等の周辺状況等、現地の状況を把握し、あわせて工事用道路・施工ヤード等の施工性の判断および施工設備計画の立案に必要な現地状況を把握する。

[T02.03] 設計条件の確認

- ・ 設計図書に示された道路の幾何構造、建築限界、交通量等検討・設計上の基本的条件

について確認を行う。

#### [T02.04] 基本事項の検討

- ・ シールドトンネルの設計にあたり、交通運用面を考慮したうえで、下記に示す事項について技術的検討を加える。
  - 1) 内空断面（幅員構成、建築限界、換気等諸設備条件）
  - 2) 地質条件
  - 3) 二次覆工の必要性
  - 4) 近接構造物との関連
  - 5) 概略施工法（施工の安全性、環境条件、経済性）
  - 6) 荷重条件と設計計算方法
  - 7) 排水工等トンネル内付帯設備
  - 8) 防災面からの構造検討（非常駐車帯、避難連絡坑等）

#### [T02.05] 換気検討

- ・ トンネルの延長、縦断勾配、トンネル断面および周辺的环境条件を考慮して、既存資料を基に所要換気量を算定し計画可能な 3 案程度の換気方式を対象に比較検討を行い、経済的かつ合理的な換気方式を選定する。

#### [T02.06] 諸設備検討

- ・ 設計図書に基づき、選定された換気方式に適合した換気、照明、非常用施設等トンネル内諸設備計画および受配電設備計画について概略検討を行う。

#### [T02.07] 特殊事項の検討

- ・ 設計図書に基づき、近接構造物への影響および周辺環境への影響等、特殊事項の検討を行う。

#### [T02.08] 設計計算

- ・ トンネルの主要断面について、基本事項の検討結果を基に、概略設計計算および概略断面検討を行い、トンネル覆工厚、セグメント種類セグメント幅の決定を行うものとする。受注者は、設計図書に基づき、トンネルの耐震検討や縦断方向の構造検討を行う。

#### [T02.09] シールド機の検討

- ・ 設計計算により決定された覆土厚を有するシールド機に関し工事の安全性、施工性、

経済性等の観点から、3案程度の機種を対象に概略検討を行い、比較表を作成し、特質を整理のうえ、機種の決定を行う。

#### [T02.10] 発進・到達方法の検討

- ・ 決定したトンネル断面、地質条件、シールド機種を考慮したシールド機の発進・到達方法について、3案程度を対象に検討を行い、比較案を作成し、特質を整理のうえ、到達・発進方法を決定する。

#### [T02.11] 概略施工設備設計

- ・ 検討・設計したトンネル断面、延長等の工事規模および施工方式を基に、以下の事項の検討を行う。
  - 1) 概略工事工程表の作成
  - 2) 概算工事用電力量の算出
  - 3) 施工ヤードおよび工事用道路の概略平面図作成

#### [T02.12] 設計図

- ・ 関連道路設計で決定した平面・縦断線形および当該設計の検討結果に基づき一般図（平面図、縦断図、主要断面図）を作成し、地質縦断図、地質柱状図、平面・縦断線形の諸元、近接構造物・地下埋設物等の関連施設及びトンネルの主要寸法を記入する。

#### [T02.13] 概算工事費

- ・ 調査職員と協議した単価と、一般図等に基づいて算出した概略数量をもとに概算工事費を算定する。

#### [T02.14] 報告書作成

- ・ 業務の成果として、共通仕様書の[設計業務等一般]に記載された事項に準じて報告書を作成する。なお、以下の項目について解説し、取りまとめて記載した設計概要を作成する。
  - 1) 設計条件
  - 2) トンネル諸元表（位置、平面線形、縦断線形、標準断面等）
  - 3) 換気方式選定の経緯
  - 4) 設計計算方法および計算結果
  - 5) シールド機種選定の経緯
  - 6) シールド機発進・到達方法選定の経緯

- 7) 概略施工計画
- 8) 非常用施設計画
- 9) 設計図書に基づき実施した検討・設計
- 10) 詳細設計にあたっての調査および留意事項

#### [T02.15] 照査

- ・ 共通仕様書の[設計業務等一般]に記載された事項に基づくほか、下記に示す事項を標準として照査を実施する。
  - 1) 設計条件の決定に際し、現地の状況のほか、基礎情報を収集、把握しているかの確認を行い、その内容が適切であるかについて照査を行う。特に地形、地質条件については、設計の目的に対応した情報が得られているかの確認を行う。
  - 2) 一般図を基に換気方式、諸設備計画と断面形状および地質条件、施工法と構造の整合が適切にとれているかの照査を行う。また、埋設物、支障物件周辺施設との近接等、施工条件が設計計画に反映されているかの照査を行う。
  - 3) 設計方針および設計手法が適切であるかの照査を行う。
  - 4) 設計計算、設計図、概算工事費の適切性および整合性に着目し照査を行う。

### 3) インプットデータおよびアウトプットデータ

各タスクに必要なインプットデータ、各タスクで作成されるアウトプットデータの間を整理した。整理した結果は、巻末資料に示す。

#### 3.3.2.3 詳細設計のプロセスの説明

詳細設計のプロセスは、設計者が行い、設計計画から照査までの 23 のプロセスを想定した。詳細設計のプロセスのプロセスマップを図 3.11 に示す。

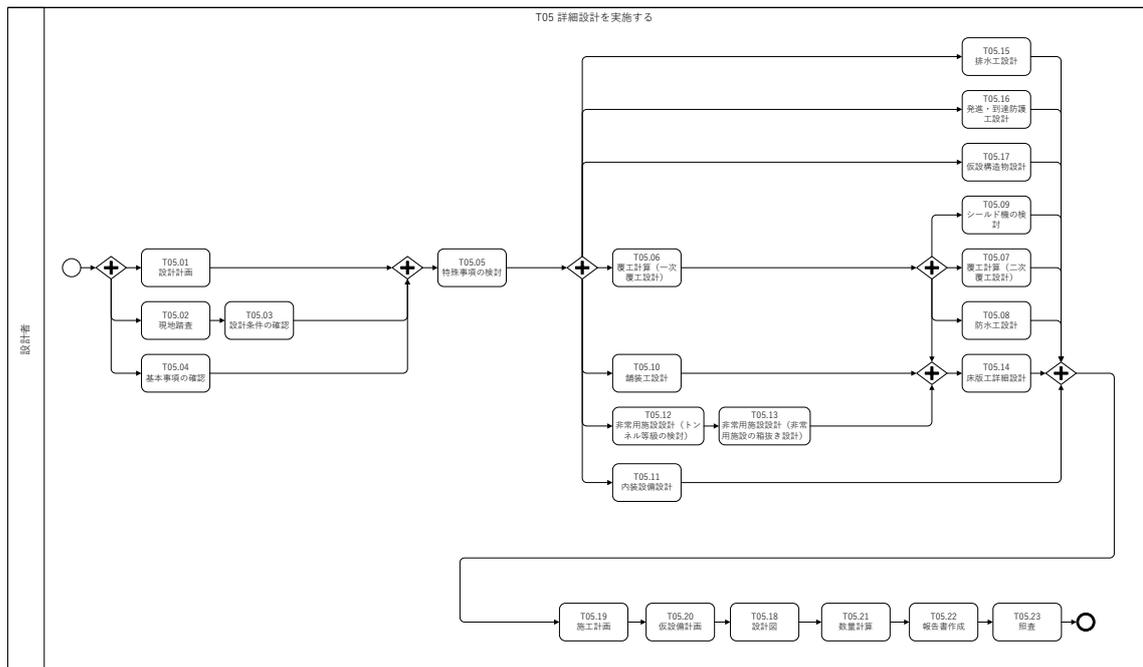


図 3.11 プロセスマップ（詳細設計）

### 3.3.2.4 詳細設計のプロセスに関するプロセスマップの要素

#### 1) アクター

[A02] 設計者（3.3.1.2 1)参照）

#### 2) タスク

[T05.01] 設計計画

- ・ 業務の目的・主旨を把握したうえで、設計図書に示す業務内容を確認し、業務計画書を作成する。

[T05.02] 現地踏査

- ・ 設計に先立って現地踏査を行い、設計図書に示された設計範囲および貸与資料と現地との整合性を目視により確認するものとする。また、地形、地質等の自然条件、地物、環境条件等の周辺状況等、現地の状況を把握し、あわせて工事用道路・施工ヤード等の施工性の判断および施工設備計画の立案に必要な現地状況を把握する。

[T05.03] 設計条件の確認

- ・ 設計図書に示された道路の幾何構造、建築限界、交通量等検討・設計上の基本的条件

について確認を行う。

#### [T05.04] 基本事項の検討

- ・ 詳細設計にあたり、予備設計の検討結果と、その後の調査および検討の結果を加味し、基本事項の確認を行う。

#### [T05.05] 特殊事項の検討

- ・ 設計図書に基づき、下記に示す事項に技術的検討を加える。
  - 1) 軟弱地盤等における耐震検討
  - 2) 地質・構造条件の変化部分等におけるトンネル縦断方向の構造検討
  - 3) 地盤沈下の影響の検討
  - 4) 将来の近接施工が当該トンネルに及ぼす影響の検討
  - 5) 危険物爆発時の影響検討
  - 6) 当該トンネルの施工が既設構造物に与える影響と対策の検討
  - 7) 小土被り区間の補助工法の検討

#### [T05.06] 覆工計算（一次覆工設計）

- ・ 予備設計で決定されたセグメントについて、その妥当性を確認するとともに、セグメント製作のためのシール溝、コーキング溝、注入孔およびエレクター用孔、および継ぎ手等の構造細目を検討し、一次覆工の設計を行う。

#### [T05.07] 覆工計算（二次覆工設計）

- ・ 防水、防錆等を考慮のうえ、設定荷重条件下で十分な安全性が確保できる二次覆工設計を行うものとする。また縦断方向の不同沈下に対する検討を行い、安全性が確保できる設計を行う。

#### [T05.08] 防水工設計

- ・ トンネル内への漏水を防ぐための防水工の設計を行う。

#### [T05.09] シールド機の検討

- ・ 予備設計で決定されたシールド機種について、その妥当性を確認するとともに、ビットの摩耗検討や仕様検討を行う。

#### [T05.10] 舗装工設計

- ・ 設計図書に示される交通量をもとに、排水性、照明効果、走行性、維持管理、経済性（ライフサイクルコスト）等を考慮し、トンネル内舗装（アスファルト舗装／コンク

リート舗装等)の比較検討のうえ、舗装の種類・構成を決定し、設計する。

#### [T05.11] 内装設備設計

- ・ 設計図書に基づき、トンネルの内装について、トンネル延長交通量等をもとに、照明効果、吸音効果、視線誘導効果等を考慮のうえ耐火性、安全性、経済性、維持・保守の難易度および耐久性の比較を行い、使用材料を決定し、設計する。

#### [T05.12] 非常用施設設計（トンネル等級の検討）

- ・ トンネル延長および設計図書に示される交通量を基に、トンネル等級を決定する。

#### [T05.13] 非常用施設設計（非常用施設の箱抜き検討）

- ・ 決定したトンネル等級に基づき、非常用施設を選定し、配置計画を行うとともに施設収容のための箱抜きの設計を行う。

#### [T05.14] 床版工詳細設計

- ・ 交通荷重、設備荷重等を対象に、シールド内の床版工の設計を行う。

#### [T05.15] 排水工設計

- ・ 予備設計で決定された排水工の形状・設置位置を基に、排水系統図を作成するとともに、排水施設の断面寸法等の設計を行う。

#### [T05.16] 発進・到達防護工設計

- ・ 予備設計において決定した発進・到達方法を基に、立坑接続部の防護工について設計計算を行い、断面形状・寸法を決定し、細部構造の設計を行う。

#### [T05.17] 仮設構造物設計

- ・ 予備設計で選定されたシールド機をもとに、シールド機受台、反力壁および作業床について、設計計算を行い、断面形状・寸法を決定し、調査職員と協議のうえ細部構造の設計を行う。

#### [T05.18] 設計図

- ・ 関連道路設計および当該設計で決定した事項に基づき、以下に示す設計図を作成する。
  - 1) トンネル位置図
  - 2) 全体一般図（平面図、縦断図、断面図）平面、縦断線形諸元、近接構造物等との位置関係、地質縦断図、地質柱状図、トンネルの主要寸法を記入
  - 3) トンネル標準断面図、構造図

- 4) セグメント構造詳細図
- 5) 裏込め注入工図
- 6) 防水工設計図
- 7) 排水工関係設計図
- 8) 床版工構造図
- 9) 非常用施設配置図および箱抜き詳細図
- 10) 発進・到達防護工詳細図

#### [T05.19] 施工計画

- ・ 下記に示す事項に関する検討結果を取りまとめて記載した施工計画書を作成するとともに、必要に応じて参考図を作成する。
  - 1) トンネルの施工方法、施工順序および施工機械
  - 2) 掘削土砂搬出計画
  - 3) 概略工事工程計画
  - 4) 施工ヤード計画
  - 5) 工事中の交通処理計画
  - 6) 工事中の計測計画
  - 7) 施工にあたっての留意事項

#### [T05.20] 仮設備計画

- ・ トンネル施工に伴う仮設備について、必要に応じて、下記に示す項目の検討を行うとともに、参考図を作成する。
  - 1) 換気設備（換気容量の算定及び設備計画）
  - 2) 仮排水設備（計画立案）
  - 3) 裏込め注入設備（計画立案）
  - 4) 掘削土砂処理設備（計画立案）
  - 5) 材料搬出入設備（計画立案）
  - 6) 給水設備（容量算定）
  - 7) 工事用電力設備（容量算定及び設備計画）
  - 8) 汚濁水処理設備（容量算定）
  - 9) ストックヤード（計画立案）

- 10) 工事用道路計画（概略検討）
- 11) 安全対策（計画立案）
- 12) 環境対策等（計画立案）

#### [T05.21] 数量計算

- ・ 数量計算書は、「土木工事数量算出要領(案)」(国土交通省・最新版)により行うものとし、算出した結果は、「土木工事数量算出要領数量集計表(案)」(国土交通省・最新版)に基づき工種別、区間別に取りまとめる。

#### [T05.22] 報告書作成

- ・ 業務の成果として、共通仕様書の[設計業務等一般]に記載された事項に準じて報告書を作成する。なお、以下の項目について解説し、取りまとめて記載した設計概要を作成する。

- 1) 設計条件
- 2) トンネル諸元表（位置、平面線形、縦断線形、標準断面等）
- 3) 設計計算方法および計算結果
- 4) 排水工、防水工、舗装工等
- 5) 非常用施設計画
- 6) 施工法概要
- 7) 発進・到達方法
- 8) 施工計画および仮設備計画
- 9) 施工中の計測計画
- 10) 工事実施にあたっての留意事項

#### [T05.23] 照査

- ・ 共通仕様書の[設計業務等一般]に記載された事項に基づくほか、下記に示す事項を標準として照査を実施する。

- 1) 設計条件の決定に際し、現地の状況のほか、基礎情報を収集、把握しているかの確認を行い、その内容が適切であるかについて照査を行う。特に地形、地質条件については、設計の目的に対応した情報が得られているかの確認を行う。
- 2) 一般図を基に換気方式、諸設備計画と断面形状および地質条件、施工法と構造の整合が適切にとれているかの確認を行う。また、埋設物、支障物件、周辺施設と

の近接等、施工条件が設計計画に反映されているかの確認を行う。

- 3) 設計方針および設計手法が適切であるかの照査を行う。また、仮設備と施工法の確認を行い、その妥当性についても照査を行う。
- 4) 設計計算、設計図、数量の正確性、適切性および整合性に着目し照査を行う。防水等構造細目についても照査を行い、基準との整合を図る。

### 3) インプットデータおよびアウトプットデータ

各タスクに必要なインプットデータ、各タスクで作成されるアウトプットデータの関係を整理した。整理した結果は、巻末資料に示す。

#### 3.3.3 施工段階のプロセス

##### 3.3.3.1 施工段階のプロセスの説明

施工段階のプロセスは、全体プロセスの「T02 工事を実施する」に着目する。施工段階のプロセスは、日本下水道協会が制定する「下水道用設計積算要領：管路施設（シールド工法）編 2010 年版<sup>3)</sup>」を参照し、本委員会の討議により作成した。

施工段階のプロセスは、施工者が行い、発進立坑築造から立坑内構築工までの 32 のプロセスを想定した。施工設計のプロセスのプロセスマップを図 3.12 に示す。施工段階のプロセスは、「T12.18 本掘進工」および「T12.29 二次覆工（内部構築含む）」にはサブプロセスがある。

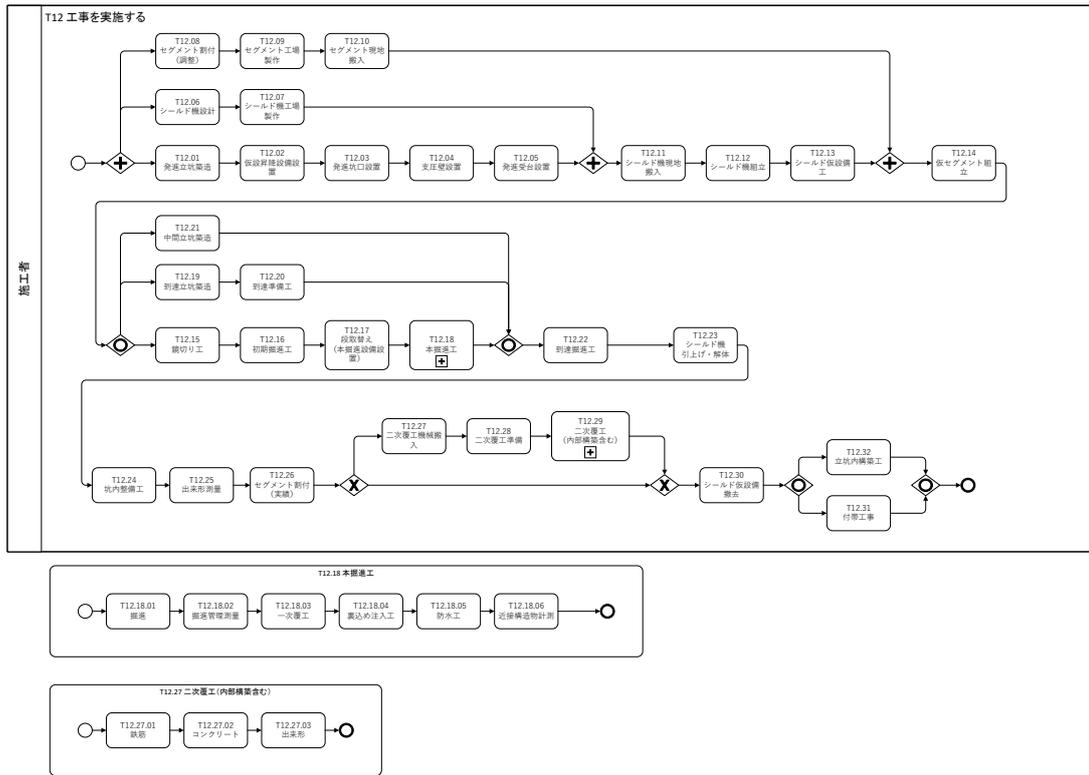


図 3.12 プロセスマップ（施工段階）

### 3.3.3.2 施工段階のプロセスに関するプロセスマップの要素

#### 1) アクター

[A03] 施工者 (3.3.1.2 1)参照)

#### 2) タスク

[T12.01] 発進立坑築造

- ・ シールド発進に必要な立坑を築造する作業で、シールドの大きさ、投入、組立て、発進方法、および立坑内の仮設備等を考慮し、必要な内空を確保する。築造方法は、土留め形式や掘削工法によって異なる。

[T12.02] 仮設昇降設備設置

- ・ 立坑上部から坑内に作業が入坑するための、昇降設備を設置する作業をいう。昇降用の仮設階段やエレベータ設備が対象となる。

[T12.03] 発進坑口設置

- ・ シールド機を地山に貫入させるために、土圧および水圧に対抗する開口構造を構築する作業をいう。発進坑口は、発進の安全性、確実性を高めるため、エントランスパッキンおよび坑口コンクリートを設置することが多い。

#### [T12.04] 支圧壁設置

- ・ シールド発進時の反力体として発進立坑内に設置する設備であり、反力は仮組みセグメントあるいは鋼製反力受け等により、立坑土留め壁または躯体構築物等を介して地山に伝達される。立坑土留め壁、躯体構造および軟弱地盤の場合は土留め背面の地盤改良等を計画する。

#### [T12.05] 発進受台設置

- ・ シールド機を立坑内に据え付けるための受台設備を設置する作業をいう。受台は、シールドの自重、組立て時の仮移動にも十分耐え、かつ、軌条その他の適当なシールド推進用ガイドを設置して、立坑内推進が容易で、方向にずれの生じない構造で計画する。

#### [T12.06] シールド機設計

- ・ 地山条件、トンネルの断面形状や深度、施工延長、トンネル線形等の施工条件に応じて、シールド機を設計する作業をいう。

#### [T12.07] シールド機工場製作

- ・ 強度と施工に関する性能の確保したうえで、決められた仕様に基づき工場にてシールド機を製作する作業をいう。工場組立てにおいては、現地組立てに先立ちあらかじめ工場において可能な範囲で実施する。

#### [T12.08] セグメント割付

- ・ 設計および線形測量の結果をもとに、直線区間、曲線区間および荷重条件などを考慮して、セグメントをリングごとに割付け計画する作業をいう。割付では、セグメント種別、テーパ量などの条件を踏まえ、計画された中心線形に最適なセグメントリングの配置を行う。

#### [T12.09] セグメント工場製作

- ・ セグメント工場において、示方書類等に準拠してセグメントの材料、製作要領書、製作図、製作工程表および、品質管理に関する計画をもとに、セグメントを製作する作業をいう。

[T12.10] セグメント現地搬入

- ・ セグメント工場から、現地となるシールド発進基地にセグメントを運搬する作業をいう。運搬時は、セグメントを損傷しないように注意し、種別、数量や付属品の管理を行う。

[T12.11] シールド機現地搬入

- ・ 製作工場からシールド機を輸送、立坑搬入する作業をいう。搬入にあたっては、塑性変形や損傷を生じるおそれがある箇所を補強し、必要に応じてその他の保護を行う。

[T12.12] シールド機組立

- ・ 分割搬入されたシールド機を、現地発進立坑で組み立てる作業をいう。現地組立てに際しては、立坑の平面形状、深さ、投入開口位置、組立てヤード、周辺環境等の施工条件を考慮し、組立工程や手順、資機材、設備、組立て用クレーン能力等について事前に検討し、現地組立では、決められた仕様、性能を確保できるよう注意する。

[T12.13] シールド仮設備工

- ・ シールド掘進に必要な、ストックヤード、掘削土砂搬出設備、材料搬送設備、電力設備、照明設備、連絡通信設備、換気設備、可燃性および有害ガス対策設備、安全通路および昇降設備、給排水設備、防火および消火設備、シールドの発進到達および回転設備、一次覆工設備、裏込め注入設備、二次覆工設備、防音設備等を設置する作業をいう。

[T12.14] 仮セグメント組立

- ・ 立坑内に据え付けたシールド機を地山に貫入するにあたり、反力設備に推力を伝達しつつシールド機を前進させるために、立坑内に仮セグメントを組み立てる作業をいう。

[T12.15] 鏡切り工

- ・ シールドの発進に伴い、あらかじめシールド機面板が通過する範囲の土留め壁を切断、取り壊しを行う作業をいう。なお、土留め壁に切削可能部材を使用した場合は、シールド機面板で直接切削することとなる。

[T12.16] 初期掘進工

- ・ シールドが立坑を発進してから、シールドの運転に必要な後続設備がトンネル坑内に入るまでの本掘進の準備段階となる掘進作業をいう。初期掘進中は、シールド掘進

時のデータや地盤沈下量の計測結果等を収集し、シールドの運動特性の把握およびカッターチャンバー内の土圧、泥水圧等の管理値や、裏込め注入圧、注入量の設定値等が適切であるかを確認する必要がある。

[T12.17] 段取替え（本掘進設備設置）

- ・ 発進時に用いた発進受け台や反力受け設備の撤去、各後続台車の投入、本掘進設備の設置を行う作業をいう。

[T12.18] 本掘進工

- ・ 掘進工のうち、初期掘進と到達掘進を除いた掘進路線の大部分の掘進作業をいう。

[T12.19] 到達立坑築造

- ・ シールドの到達に必要な立坑を築造する作業で、シールドの大きさ、到達および引上げ・解体方法、立坑内の仮設備等を考慮し、必要な内空を確保する。築造方法は、土留め形式や掘削工法によって異なる。

[T12.20] 到達準備工

- ・ シールドの到達に先立ち、地盤改良などによる到達防護工および到達坑口の設置を行う作業をいう。

[T12.21] 中間立坑築造

- ・ シールドのビット交換や割込み人孔のために必要となる中間立坑の設置を行う作業をいう。用途に応じてシールドトンネルの通過に先立ち施工する場合と通過後に施工する場合がある。

[T12.22] 到達掘進工

- ・ 予定の到達壁面に安全に達するため、掘進速度や推力を下げながら掘進を行う作業をいう。到達掘進では、振動や騒音への対策や、所定の位置に到達させるため、測量、方向修正や切羽圧力、推力の管理等を慎重に行う必要がある。

[T12.23] シールド機引上げ・解体

- ・ シールドが到達後に、カッター面板などの装置、設備を到達立坑内で解体する作業と、それらを立坑内から引き上げる作業をいう。シールド本体を立坑内に引き出す場合は、シールド受台等の仮設備を設置し、到達立坑内にシールドを引き出したうえで、解体、引き上げを行う。

[T12.24] 坑内整備工

- ・ シールドが到達後に、掘進に使用したトンネル坑内の設備（軌条設備、配管設備など）を撤去する作業と、トンネル坑内に掘削作業で堆積した土砂などを清掃する作業をいう。

#### [T12.25] 出来形測量

- ・ トンネルの出来形について平面、縦断の測量および内空測量を実施することをいう。

#### [T12.26] セグメント割付（実績）

- ・ 実際に、どの場所にどのセグメントリングをどのような向きで組み立てたかの割付を記録する。

#### [T12.27] 二次覆工機械搬入

- ・ 二次覆工を施工する場合に必要な仮設備（コンクリートポンプ、型枠、荷役設備など）を施工場所に搬入する作業をいう。

#### [T12.28] 二次覆工準備

- ・ 二次覆工の施工に必要な設備の準備作業と、トンネル坑内におけるセグメントボルトの締め直し、清掃および漏水箇所の止水などの作業をいう。

#### [T12.29] 二次覆工（内部構築含む）

- ・ セグメントの補強、防食、防水、蛇行修正、防振、内面の平滑化、トンネルの内装仕上げ工等の用途として、無筋または鉄筋コンクリートを巻立てる作業をいう。

#### [T12.30] シールド仮設備撤去

- ・ シールド掘進、二次覆工で設置、使用した仮設備を撤去する作業をいう。

#### [T12.31] 付帯工事

- ・ トンネルの用途に応じて、付帯設備を設置する作業をいう。たとえば、鉄道トンネルでは、レールの敷設や通信 BOX の設置作業がこれにあたる。

#### [T12.32] 立坑内構築工

- ・ 仮設の土留めを発進立坑に使用した場合は本設の立坑を構築する作業、本設の立坑から発進した場合は、立坑内の設備構築に関わる作業をいう。また、これらの作業は、シールドトンネル完成後に実施するものをいう。

#### [T12.18.01] 立坑内構築工

- ・ 地山の条件に応じて所要推力および線形を考慮して適切なジャッキパターンを選択

して作動させ、切羽の地山の安定を図りながら、セグメントに損傷を与えることなく、所定の計画線上を安全かつ正確に掘進させる、一連のシールド機の操作をいう。中折れ装置を装備したシールドでは、曲線半径に応じて中折れジャッキやコピーカッターを作動させて掘進する。

#### [T12.18.02] 掘進管理測量

- 掘進管理測量は、シールド掘進に際して、シールドと組み立てられたセグメントの計画線からのずれをトランシット、レベルを用いて計測管理する作業をいう。一般的に、昼夜の掘進作業における入れ替わりのタイミングに実施するため、2回/日の頻度で行う。急曲線施工や高速施工の場合には、適切な頻度で掘進管理測量を行うことが重要である

#### [T12.18.03] 一次覆工

- 掘進でシールド内に確保した1リング分のスペースに、セグメントをリング状に組み立てる作業をいう。組立には、エレクター装置を使用し、通常千鳥組で行う。

#### [T12.18.04] 裏込め注入工

- シールド外径とセグメント外径に差があることからシールド機後端に生じるテールボイドに、注入材を注入する作業をいう。注入はシールドの掘進と同時あるいは直後に行い、テールボイドを完全に充填して地山の緩みと沈下を防止する。

#### [T12.18.05] 防水工

- シールドトンネルが地下水圧に耐えられるよう、主にシール材をセグメントに貼付ける作業をいう。広義には、シール工、コーキング工、ボルト孔および裏込め注入孔を対象としている。

#### [T12.18.06] 近接構造物計測

- シールドトンネルに近接する地上および地下構造物について、変位もしくは変形を計測する作業をいう。主にシールド掘進時およびその前後を計測の対象とする。
- シールドトンネルが通過する直上の道路面について、変位もしくは変形を計測する作業をいう。主にシールド掘進時およびその前後を計測の対象とする。
- シールド掘進による地盤の沈下や変形を計測する作業をいう。主にシールド掘進による、地盤への影響を把握することを目的としている。

#### [T12.29.01] 鉄筋

- ・ 二次覆工が RC 構造である場合の、鉄筋組立作業をいう。

#### [T12.29.02] コンクリート

- ・ 二次覆工のコンクリート打設作業をいう。

#### [T12.29.03] 出来形

- ・ トンネル構造物が設計図書に示された内空寸法、品質を満足しているかの判断、および確認作業をいう。

### 3) インプットデータおよびアウトプットデータ

各タスクに必要なインプットデータ、各タスクで作成されるアウトプットデータの間を整理した。整理した結果は、巻末資料に示す。

## 3.4 シールド技術情報 DB と BIM/CIM モデルの連携

### 3.4.1 設計段階から施工段階への情報の伝達

図 3.13 に、現状の設計段階と施工段階のデータ連携を示す。本小委員会の委員である設計実務者と施工実務者によるデータ連携の現状分析から、設計段階では、工事発注のための数量把握/積算を目的としてセグメント割付が行われること、施工計画段階では、入札時の技術提案や、施工条件をもとにした施工性の検討を踏まえてセグメント割付が再設定されること、さらに、施工実施段階では、蛇行修正やテーパセグメントの使用数量調整のためにセグメント割付が変更されることがあることから、セグメント割付が設計段階と施工段階で3回行われる可能性があり、データ連携が分断されることがわかった。また、道路、鉄道の場合には「道路/鉄道線形≠トンネル中心線形」で、設計段階ではトンネル中心線形を2次元情報で設定することが多いのに対して、施工段階では道路/鉄道特有の緩和曲線や建築限界に対するシールド掘進の施工性を3次元的に検討するため、セグメント割付を再度設定することが多いことがわかった。

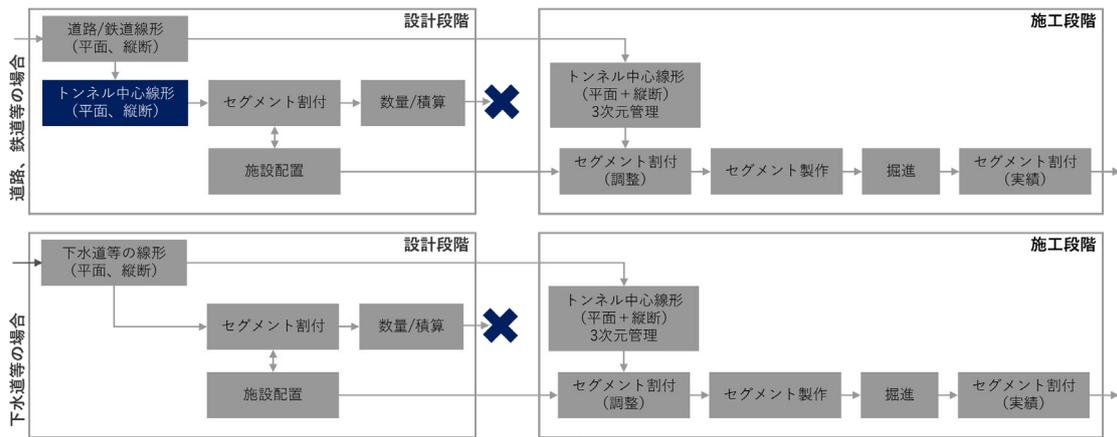


図 3.13 設計と施工のデータ連携（現状）

図 3.14 に、将来期待する設計段階と施工段階のデータ連携を示す。前述のとおり、セグメント割付の変更は不可避であるが、線状構造物であるトンネルの最も重要な基本情報は、設計段階と施工段階を通じて不変的であるトンネル中心線形である。このため、供用と施工の要件を十分に満足する線形とトンネル基本形状を発注者が設計者に作成させ、これらを施工段階に確実に伝達することが重要である。トンネル基本形状は、トンネルの供用に必要な空間を確保するトンネル内径などが該当する。したがって、設計段階では、セグメント割付は行わず、数量把握/積算が可能なトンネル基本形状のみを用いてデータ連携を図ることとした。

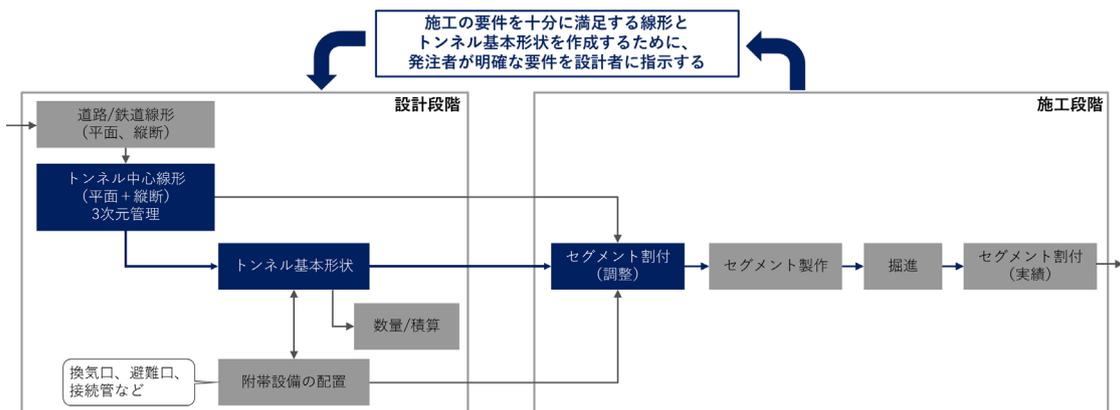


図 3.14 設計と施工のデータ連携（将来）

### 3.4.2 シールド技術情報 DB の各情報の作成段階

#### 3.4.2.1 シールド技術情報 DB に保存する情報の識別

シールド技術情報 DB と BIM/CIM モデルの連携の検討するための基礎条件として、シールド技術情報 DB に保存する情報がシールドトンネルに関するプロセスのどの段階で作成されるかを整理する。シールド技術情報 DB に保存する情報は図 3.1 に示すとおりである。これらを図 3.3 を参考に分類し、表 3.20 のとおり識別することとした。

表 3.20 シールド技術情報 DB に保存する情報の識別

分類	識別
管理資料	01 工事識別データ 02 技術資料一覧表
工事関連資料	03 設計関連資料 04 施工関連資料 05 しゅん功関連資料 06 工事記録
現場計測記録	07 掘進管理データ 08 計測管理データ
その他	09 その他

#### 3.4.2.2 全体プロセスとの関係

表 3.20 に示すシールド技術情報 DB に保存する情報をシールドトンネルに関する全体プロセスに照らして検討した結果を図 3.15 に示す。

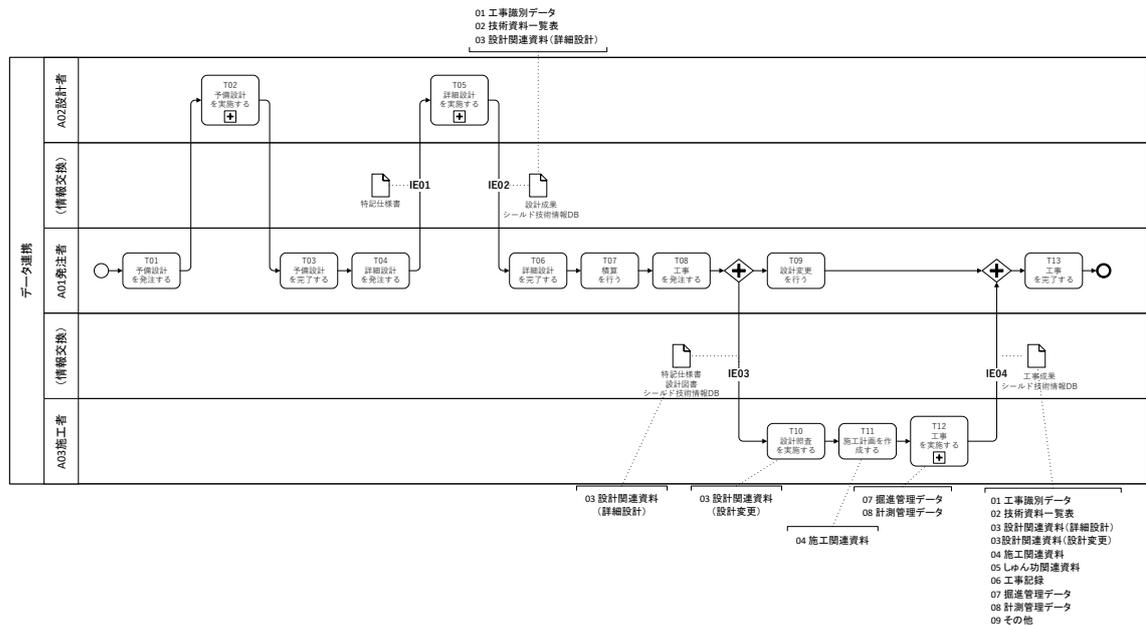


図 3.15 シールド技術情報 DB の作成段階

シールド DB 検討部会における検討では、シールド技術情報 DB は基本的に施工者が提出を行うと想定されている（図 2.2）ことから、シールド技術情報 DB に保存する情報は、すべて施工段階で作成するとしているが、設計関連資料は設計段階で作成するものが含まれている。

本小委員会ではシールド技術情報 DB に保存する情報を以下のとおり関連付けた。

- ① 「03 設計関連資料」は設計段階で作成するもので、施工段階において設計変更を行うにしても、その前提条件となるものである。そのため、図 3.15 に示すとおり、詳細設計の設計成果が「03 設計関連資料」であることから、これを「03 設計関連資料（詳細設計）」とした。施工段階の設計変更を考慮したものを「03 設計関連資料（設計変更）」とし、図 3.15 の「T10 設計照査を実施する」で作成するものとした。これにより、維持管理段階において当初設計と設計変更の比較を行うことも想定できる。
- ② 「04 施工関連資料」は、おおよその資料が施工計画と同時期に作成されることから「T11 施工計画を作成する」で作成するものとした。なお、工事の実施において変更することもある。
- ③ 「07 掘進管理データ」および「08 計測管理データ」は、工事の実施に際して行われる計測であることから「T12 工事を実施する」で作成するものとした。

- ④ 最終的に、施工者は、設計者から引き継いだデータを含め、すべてのデータを整理して工事成果として発注者に提出する。

### 3.4.3 BIM/CIM モデルとの連携

図 3.15 に示した、シールド技術情報 DB の作成段階と全体プロセスの関係から、シールド技術情報 DB を関連付ける BIM/CIM モデルの作成手順を検討した。シールド技術情報 DB に保存する情報は、設計段階および施工段階でそれぞれ作成することから、図 3.16 に示すように、BIM/CIM モデルも設計段階および施工段階で作成するものとする。BIM/CIM モデルの作成は、設計段階と施工段階で共通して、次の手順を想定した。

- ① BIM/CIM モデルの作成のための情報を取得する。
- ② BIM/CIM モデルを作成する。
- ③ シールド技術情報 DB の情報を関連付ける。

ただし、①の具体的な情報は設計段階と施工段階で異なる。具体的な情報については次章で示す。

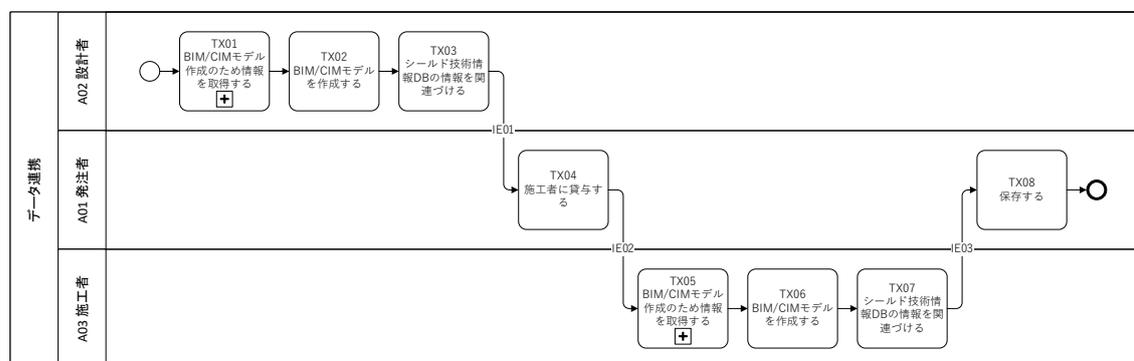


図 3.16 データ連携のプロセスマップ

## 3.5 シールド技術情報 DB に保存する情報の取り扱い方針<sup>4)</sup>

### 3.5.1 情報セキュリティおよびプライバシーポリシー

シールド技術情報 DB の提案に際して制定した情報セキュリティおよびプライバシーポリシーは以下のとおりである。したがって、本検討における考え方も、以下に準じるものとした。

- ① 提供者、利用者および管理者は、シールド DB の提供・利用および管理によって知

り得た情報について、「個人情報の保護に関する法律」およびその他の法令・規範を遵守して取り扱わなければならない。

- ② 技術情報の提供により、個人が特定できる可能性あるいは個人の生命・資産を侵害する可能性があるとして提供者が判断した場合には、利用者への提供を停止する。
- ③ 情報の取り扱いに関する方針を以下に定める。
  - i) 情報の適正な取り扱いに関する法令およびその他の規範を遵守する。
  - ii) 情報の収集・保有・利用にあたっては、その目的を明確にするとともに、目的の達成に必要な範囲を超えて情報を保有しない。
  - iii) 法令で定める場合を除き、利用目的以外の目的で、保有する情報を利用・提供しない。
  - iv) 保有している情報と事実が合致するように努めるとともに、保有する情報の漏洩等の防止のために必要な措置を講ずる。
  - v) 提供・管理および利用によって知り得た情報の内容を、みだりに第三者に知らせたり、不当な目的に利用したりしないよう周知徹底するとともに、情報を取り扱う外部委託業者および従事者に対しても趣旨の徹底を図る。また、情報保護のための管理体制および取り組みを継続的に見直し、必要に応じてその改善に努める。

### 3.5.2 公開および著作権

#### 3.5.2.1 前提となるシステムの運用形態

情報セキュリティーおよびプライバシーポリシーは、データの公開形態と著作権の取扱いが適切に設定されていることを前提として制定する必要がある。そこで、情報の公開および著作権に関する考え方の整理にあたり、前提となるシールド DB システムの運用形態は Phase2 を想定するものとした。Phase2 を想定したシールド DB システムの特徴は、以下のとおりである。

- ① 提供者は管理者に「工事情報」のみを提供する。
- ② 管理者は利用者に対して「工事情報」を開示する。
- ③ 「技術情報」の提供を希望する利用者は、提供依頼を直接、提供者に行う。

この時の、関係者の役割は以下に示すとおりとする。

- 提出者（施工者）：提出者は、提供者が提示する「シールドトンネル技術情報作成マニュアル（案）」に基づいて、提供者との協議を経て DVD に格納する情報を取得・

保管し、提供者に提出する。

- 提供者（事業者または発注者）：提供者は、提出者から提出された情報を取得・保管するとともに、それらの情報の中から「工事情報」を管理者に提供する。この「工事情報」は、管理者によって利用者に開示されており、利用者からデータの提供依頼を受けた場合は、開示範囲に則って利用者にデータを提供する。
- 管理者：管理者は、提供者から提供された「工事情報」を工事情報 DB に格納するとともに、利用者が円滑に検索を行うことができるように工事情報 DB の維持管理を適切に行う。管理の公平性、透明性を担保するため、管理者には、学協会等の公的機関になることが望ましい。
- 利用者：利用者は、管理者が保有する工事情報 DB から利用したいデータを検索し、具体的に入手したいデータが存在する場合は、「技術情報」の提供依頼を直接、提供者に行う。

### 3.5.2.2 データの取扱いに関する考え方

#### 1) データの著作権

データを提供、利用するにあたり、そのデータに関する権利関係を明らかにしておく必要がある。そこで、著作権等のデータに関する権利の法的解釈を整理した。

##### (a) データに関する権利

財産に関する権利（財産権）は、物権、債権、知的財産権等に分類できる。「知的財産」とは、①人間の創造的活動により生み出されるもの、②事業活動に用いられる商品・役務を表示するもの、③事業活動に有用な技術上または営業上の情報をいう（知的財産基本法）。

①と②は、著作権、産業財産権（特許権、実用新案権、意匠権、商標権）等の知的財産に関する権利（知的財産権）で保護され、③は、営業秘密や契約等に対して行為を規制する法律で保護される。

したがって、データの利用については、①著作権法、②不正競争防止法（営業秘密）、③民法（契約法、不法行為法）によって規制される。

##### (b) 著作物について

著作権法における著作物の定義を以下に示す。

(著作権法より抜粋)

(定義)

第二条 この法律において、次の各号に掲げる用語の意義は、当該各号に定めるところによる。

一 著作物 思想又は感情を創作的に表現したものであつて、文芸、学術、美術又は音楽の範囲に属するものをいう。

(中略)

十の三 データベース、論文、数値、図形その他の情報の集合物であつて、それらの情報を電子計算機を用いて検索することができるように体系的に構成したものをいう。

(著作物の例示)

第十条 この法律にいう著作物を例示すると、おおむね次のとおりである。

一 小説、脚本、論文、講演その他の言語の著作物

(中略)

六 地図又は学術的な性質を有する図面、図表、模型その他の図形の著作

(データベースの著作物)

第十二条の二 データベースでその情報の選択又は体系的な構成によって創作性を有するものは、著作物として保護する。

具体的には、思想・感情を表しておらず、かつ誰が作成しても同じになるデータは、「創作性」の要件を満たさないため、著作物にはならない。たとえば、計測データの生データは著作物とはならない。ただし、これを加工して考察を加えたような報告書については、創作的に表現した学術の範囲に属するものと判断でき、著作物となる。当該データが著作物かどうかの判断例を表 3.21 に示す。

### (c) 著作者について

著作権法における著作者の定義を以下に示す。

(著作権法より抜粋)

(定義)

第二条 この法律において、次の各号に掲げる用語の意義は、当該各号に定めるところによる。

(中略)

二 著作者 著作物を創作する者をいう。

すなわち、著作物を実際に創作（作成）した者が著作者となる。

表 3.21 データの著作物/非著作物の判断例

名称	判断	備考
計測データ（生データ）	非著作物*1	機器を設置すれば誰でも同じものが得られる
計測データを単に集計して作成した表や、単にグラフ化した図	非著作物*1	創作性がない（技術者であれば誰でも同じものを作成できる）
計測データを項目別に分類して作成した表や、複数ある計測データを関連付けて作成した図	著作物	
得られた計測データに考察を加えて作成した報告書、論文	著作物	創作的に表現した学術の範囲に属する
計測データを単に入力しただけのデータベース*2	非著作物	創作性がない（誰でも同じものを作成できる）
計測データをピックアップし、体系化して作成したデータベース*2	著作物	その情報の選択又は体系的な構成によって創作性を有する

\*1 誰が作成しても同じになるようなもの（50音順に並べ替えただけの表など）は創作性がないため著作物とはならない。

\*2 データベースに含まれるデータに対してではなく、データベースの構成に対する判断である。

(d) 著作権について

定義を以下に示す。

（著作権法より抜粋）

（複製権）

第二十一条 著作者は、その著作物を複製する権利を専有する。

（譲渡権）

第二十六条の二 著作者は、その著作物（映画の著作物を除く。以下この条において同じ。）をその原作品又は複製物（映画の著作物において複製されている著作物にあっては、当該映画の著作物の複製物を除く。以下この条において同じ。）の譲渡により公衆に提供する権利を専有する。

（翻訳権、翻案権等）

第二十七条 著作者は、その著作物を翻訳し、編曲し、若しくは変形し、又は脚色し、映画化し、その他翻案する権利を専有する。

（二次的著作物の利用に関する原著作物の権利）

第二十八条 二次的著作物の原著作物の著作者は、当該二次的著作物の利用に関し、この款に規定する権

利で当該二次的著作物の著作権者が有するものと同一の種類の権利を専有する。

著作権は、著作物に対する権利で、著作権者が保有する。したがって、たとえば、表 3.21 で著作物と判断されるものについては、実際に作成した者（自然人のほか法人も含む）が著作権を保有することになる。作成者が工事の請負者で、発注者が作成費用を支払っていたとしても、著作権が発注者に帰属することにはならない。

ただし、著作権者は著作権を譲渡できるので、契約書等に明示されている条件があれば、その条件に従い、著作権から著作権が譲渡される。著作権法における著作権譲渡の条文を以下に示す。

（著作権法より抜粋）

（著作権の譲渡）

第六十一条 著作権は、その全部又は一部を譲渡することができる。

2 著作権を譲渡する契約において、第二十七条又は第二十八条に規定する権利が譲渡の目的として特掲されていないときは、これらの権利は、譲渡した者に留保されたものと推定する。

例 1：土木学会では、土木学会論文集投稿要項に以下の条文を含めている。

（土木学会論文集投稿要項より抜粋）

7. 著作権の帰属（譲渡）

論文集に掲載された著作物の著作権（著作権法第 27 条、第 28 条に定める権利を含む）は本会に帰属（譲渡）する。著作者自らが、著作物の全文、または一部を複製・翻訳・翻案などの形で利用する場合、本会は原則として、その利用を妨げない。

例 2：国土交通省関東地方整備局では、土木工事共通仕様書に以下の条文を含めている。

（国土交通省関東地方整備局土木工事共通仕様書 1）より抜粋）

1-1-39 特許権等

（中略）

3. 発注者が、引き渡しを受けた契約の目的物が著作権法（昭和 45 年法律第 48 号第 2 条第 1 項第 1 号）に規定される著作物に該当する場合は、当該著作物の著作権は発注者に帰属するものとする。なお、前項の規定により出願及び権利等が発注者に帰属する著作物については、発注者はこれを自由に加除又は編集して利用することができる。

この場合、「契約の目的物」が「著作物」である場合、その著作権は発注者に帰属することになる。

(e) データの保護

著作物は著作権法で保護されるが、著作物でない場合には、原則として誰でも自由に利用できる。ただし、以下のような場合には、利用が制限される。

営業秘密：その内容が営業秘密である場合、その保有者から正当な方法で営業秘密を取得したとしても、不正の利益を図る目的や加害目的のために、その営業秘密を使用・開示し、営業上の利益を侵害すると、不正競争防止法違反となる（不正競争防止法）。ここで、

「営業秘密」とは、以下の3条件をすべて満たすものである。

- ① 秘密として管理されている。
- ② 有用性を持つデータである。具体的には、「こういうことをすると必ず失敗する」というような「ネガティブ情報」も「有用性あり」とされる。
- ③ 一般に知られていないもの。

(不正競争防止法より抜粋)

(定義)

第二条 この法律において「不正競争」とは、次に掲げるものをいう。

(中略)

七 営業秘密を保有する事業者（以下「保有者」という。）からその営業秘密を示された場合において、不正の競争その他の不正の利益を得る目的で、又はその保有者に損害を加える目的で、その営業秘密を使用し、又は開示する行為

(中略)

六 この法律において「営業秘密」とは、秘密として管理されている生産方法、販売方法その他の事業活動に有用な技術上又は営業上の情報であって、公然と知られていないものをいう。

(差止請求権)

第三条 不正競争によって営業上の利益を侵害され、又は侵害されるおそれがある者は、その営業上の利益を侵害する者又は侵害するおそれがある者に対し、その侵害の停止又は予防を請求することができる。

2 不正競争によって営業上の利益を侵害され、又は侵害されるおそれがある者は、前項の規定による請求をするに際し、侵害の行為を組成した物（侵害の行為により生じた物を含む。第五条第一項において同じ。）の廃棄、侵害の行為に供した設備の除却その他の侵害の停止又は予防に必要な行為を請求することができる。

(損害賠償)

第四条 故意又は過失により不正競争を行って他人の営業上の利益を侵害した者は、これによって生じた損害を賠償する責めに任ずる。ただし、第十五条の規定により同条に規定する権利が消滅した後にその営業秘密を使用する行為によって生じた損害については、この限りでない。

例 1：退職後、営業秘密を用いて、競合する事業を興す。

例 2：営業秘密を他企業に開示し、利益を得る。

不正の利益を図る目的や加害目的のために、計測データを用いたり、計測データから論文を作成したりすることは、通常ないと考えられる。

不法行為責任：自由競争の枠を踏み出ると、不法行為責任が発生する（民法）。

（民法より抜粋）

（不法行為による損害賠償）

第七百九条 故意又は過失によって他人の権利又は法律上保護される利益を侵害した者は、これによって生じた損害を賠償する責任を負う。

#### (f) データ（情報）の利用

著作物ではないデータ（情報）は、原則として誰でも利用できる。また、著作物であっても「自己の著作物」を創作するために、他人の著作物を利用する場合、以下の条件を満たせば、著作権者の許諾は不要となる（著作権法）。

- ① 引用しようとする他人の著作物がすでに公表されていること（未公表なら不可）。
- ② 自分の著作物と引用しようとする著作物が明瞭に区別できること（例。文章ならカギ括弧で区別してある）。
- ③ 主従関係がある（引用される方が量的・質的に少ないこと）
- ④ 出典を明記すること。

（著作権法より抜粋）

（引用）

第三十二条 公表された著作物は、引用して利用することができる。この場合において、その引用は、公正な慣行に合致するものであり、かつ、報道、批評、研究その他の引用の目的上正当な範囲内で行なわれるものでなければならない。

例 1：論文を書くために、他人の論文から文章や図表を引用する場合。

なお、他人の著作物を利用する場合で、上記のケースに当てはまらないときには、著作権者全員から使用許諾を得なければならない（著作権法）。

（著作権法より抜粋）

（著作物の利用の許諾）

第六十三条 著作権者は、他人に対し、その著作物の利用を許諾することができる。

2 前項の許諾を得た者は、その許諾に係る利用方法及び条件の範囲内において、その許諾に係る著作物を利用することができる。

（共有著作権の行使） 第六十五条

（中略）

2 共有著作権は、その共有者全員の合意によらなければ、行使することができない。

また、工事内容の公表・漏洩防止について、契約図書に以下のような規程がある場合で、工事に関する事項について公表しようとするときは、著作物でなくとも、請負者は発注者の承諾を得なければならない。これに反しても、発注者に著作権がない場合、著作権侵害にはならないが、契約上の債務の不履行となる（民法）。

（公共工事請負契約約款 2）より抜粋）

第 1 条

（中略）

4 乙は、この契約の履行に関して知り得た秘密を漏らしてはならない。

（首都高速道路 土木工事共通仕様書 3）より抜粋）

第 1 編 第 1 章 1.1.34

請負者は、工事に関する事項について公表しようとするときは、あらかじめ書面により、工事施工中においては総括監督員の、工事完成後においては当社が定める者の承諾を得なければならない。

（阪神高速道路 土木工事共通仕様書 4）より抜粋）

第 1 編 第 1 章 1.1.41

請負者は、工事に関する事項について公表しようとする場合には、工事の施工中および完成後を問わず、あらかじめ書面をもって会社または監督員の承諾を得なければならない。

例 1：工事で得られた計測データの公表・第三者への提供

例 2：工事で得られた計測データを用いた論文の発表等

（民法より抜粋）

（債務不履行による損害賠償）

第四百十五条 債務者がその債務の本旨に従った履行をしないときは、債権者は、これによって生じた損害の賠償を請求することができる。債務者の責めに帰すべき事由によって履行をすることができなくなったときも、同様とする。

(g) まとめ

データの取扱いについて、法的解釈を踏まえてまとめると、以下のようになる。

- ① 著作物：創作的に表現した学術の範囲に属するものをいう。具体的には、表 3.21 に示すように、計測データや、計測データを単に集計して作成した表や、単にグラフ化しただけの図は、著作物ではなく、計測データに考察を加えて作成した報告書・論文等は、著作物となる。
- ② 著作者：著作物を実際に創作（作成）した者である。
- ③ 著作権：著作物に対する権利で、実際に作成した著作者が保有する。たとえ、発注者

が費用を支払っていたとしても、著作権は発注者には帰属しない。しかし、契約書等に著作権を譲渡する条件が明示されていれば、著作権は著作者から譲渡される。たとえば、国土交通省関東地方整備局土木工事共通仕様書が適用されると、「契約の目的物」として計測業務がある場合、この業務によって作成される報告書（著作物）の著作権は発注者に譲渡されることになる。

- ④ データの保護：著作物は著作権法で保護されるが、著作物でない場合は、原則として誰でも利用できる。しかし、データが「営業秘密」に該当する場合は、不正の利益を図る目的や加害目的のために、その営業秘密を使用・開示し、営業上の利益を侵害する等したときは、不正競争防止法違反となる。また、データを自由競争の枠を踏み出るような使い方をすると、民法上の不法行為責任が発生する。
- ⑤ 著作権の有無に関わらず、契約図書に、「工事に関する事項の公表について、発注者の承諾が必要」等の記載がある場合には、これに反すると、民法上の債務不履行となる。

## 2) 一次データと二次データ（知的財産）の識別

技術情報のうち、工事関連資料や現場計測記録を提供者から入手できるようになることで、維持管理業務や合理的な設計、施工法構築へ展開できるなどのメリットがある一方、個々の技術や経験の蓄積、いわゆるノウハウが流出するというデメリットが生じる可能性がある。したがって、こうしたことがシールド DB の構築、運用をしていくうえで、大きな障害となることが懸念される。そこで、ノウハウを含む知的財産（二次データと呼ぶ）と、そうでないもの（一次データと呼ぶ）の識別について述べる。

### (a) 一次データ

知的財産とならないもので、利用規程の範囲内で、誰でも自由に使用できる。具体的には、データの著作物/非著作物の判断例を示した表 3.21 の表現を用いると、以下のようなになる。

- ① 機器を設置すれば誰でも得られる計測データ（生データ）
- ② 計測データを単に集計して作成した表
- ③ 計測データを単にグラフ化した図
- ④ 計測データを項目別に分類して作成した表で、創作性がないもの
- ⑤ 複数ある計測データを関連付けて作成した図で、創作性がないもの

⑥ 計測データを単に入力しただけのデータベース

(b) 二次データ

知的財産となるもので、その利用は、著作権（著作権法）、営業秘密（不正競争防止法）、不法行為責任（民法）で規制される。さらに、利用規程によっても規制される。具体的には、同様に表 3.21 の表現を用いると、以下のようになる。

- ① 計測データを項目別に分類して作成した表で、創作的に表現した学術の範囲に属するもの
- ② 複数ある計測データを関連付けて作成した図で、創作的に表現した学術の範囲に属するもの
- ③ 一次データの内、営業秘密に該当するもの
- ④ 得られた計測データに考察を加えて作成した報告書、論文
- ⑤ 計測データをピックアップし、体系化して作成したデータベースの構成

データベースの実際の運用を考えると、Phase2 では提供者が技術情報のデータを保有しているため、データを提供するときに、提供者が開示の可否を決定できる。また、データを開示する場合には、必要に応じてデータの使用条件を付すことができる。

**3) データの開示範囲の設定。**

提供者は技術情報のデータを提供するときに、開示の可否やその使用条件を付すことになるが、その判断、使用条件は、利用者が同業であるかなど、その立場によって異なると考えられる。このような場合、利用者は提供者にデータ使用の確認をすることが必要となり、提供者はデータ使用の確認要請のたびに、提出者に著作権等の問題がないか確認のうえ、開示の可否、使用条件を回答することになる。こうした煩雑な作業を回避するためには、データごとに、どの利用者にどのような条件でデータを開示して良いかを、事前に提出者と協議のうえ、設定しておくことが有効と考えられる。ここで、シールド DB におけるデータの開示範囲を表 3.22 に示す。

**表 3.22 データの開示範囲**

開示範囲	内容
会員	シールド DB に登録された会員すべてに開示許可
発注	発注者、事業者にのみ開示許可

研究	大学や公的研究機関の研究者にのみ開示許可
確認	提供者に開示の可否確認が必要（将来、第三者機関でデータを管理することになった場合、常に提供者に開示確認が必要）

### 3.5.2.3 データベース運用時の課題と対策

本項では、Phase2 におけるデータベース運用時に、データの提出者（施工者）、提供者（事業者）、利用者で想定される課題と対応策について述べる。想定された課題の対応策を整理すると、以下の3つのタイプに分類できる。

Type-1：法律で対応できる事項

Type-2：運用に関する規程で対応できる事項

Type-3：当事者間での協力依頼や相互理解で対応できる事項

#### 1) データ提出者

##### (a) 提出者が技術情報の流出を危惧する

提出者が独自に開発した技術や創意工夫に関する技術が含まれているデータの場合、あるいは、工事を管理するために自主的に収集したデータの場合等、提出者は社外への技術情報流出を危惧し、データを提出しない可能性がある。

このような場合には、以下の対応策が考えられる。

- ① 提供者の契約図書にデータ提供に関する記載や提供者からの指示により、提出者にデータの提出を求める。(Type-1)
- ② 提供者が提出者にデータベースの意義を説明して、データの提出を求める。(Type-3)
- ③ 提出者が公開したくないデータを保有する場合、提供者と協議して「シールドトンネル技術情報作成マニュアル（案）」にもとづき、技術資料一覧表の開示範囲を設定する。(Type-2)
- ④ 提出者が提出できないデータを保有する場合、提供者はデータ提出の判断を提出者に委ね、可能な範囲でデータの提出を求める。(Type-3)

##### (b) 提出するデータの信頼性が低い

データの計測環境が劣悪であったり、計測機器の誤動作や断線あるいは計測ソフトの不具合等により、取得したデータに信頼性の低い個所が存在する場合がある。

このような場合には、提出する計測報告書等にデータの信頼性が低い個所について、その理由等を記述する（Type-3）などの対応策が考えられる。

## 2) データ提供者

### (a) 提供者が利用者にデータを提供しない

たとえば、施工情報が一元管理されておらず、データが提供者や提出者に分散して保管されているような場合、資料のまとめ直し等に手間がかかるなどの理由で、提供者が利用者にデータを提供しない可能性がある。

本データベース構築の主旨は、提供者や提出者がデータベースの意義を理解して、可能な限りデータを提供してもらうことにある。（Type-3）

### (b) 論文等の著作権がすでに他者に譲渡されている

技術資料として提供したい論文等の著作権が、すでに学会や出版社等に譲渡されている場合、論文等の著作物をそのままデータベースに含めることはできない。このような場合には、以下の対応策が考えられる。

- ① 「シールドトンネル技術情報作成マニュアル（案）」にもとづき、技術資料一覧表の発表論文の欄に、著作物を参照するための情報を記載する。（Type-2）
- ② 著作物をデータベースに含める場合には、提供者が著作権者の使用許諾を得てから提供する。（Type-2）

## 3) データ利用者

### (a) 利用者がデータを目的外に使用する

利用者が施工不良や品質管理値の逸脱を告発するなど、データを本来と異なる目的で使用する可能性がある。このような場合には、以下の対応策が考えられる。

- ① 運用に関する規程でデータを使用できる目的を明記し、データの目的外使用を禁ずる。これに反した場合には、民法上の債務不履行になる。（Type-1、Type-2）
- ② データ提供者は、データの使用を制限するため「シールドトンネル技術情報作成マニュアル（案）」にもとづき、技術資料一覧表の開示範囲を設定する。（Type-2）

### (b) 利用者がデータを第三者に公開する

利用者がデータを第三者へ公開する可能性がある。このような場合には、運用に関する規程で、利用者はデータの著作権の有無に関わらず、データを第三者へ公開することを禁ず

るなどの対応策が考えられる。これに反した場合には、民法上の債務不履行となるほか、当該データが営業秘密に該当する場合には、不正競争防止法違反となりうる。(Type-1、Type-2)

(c) 利用者がデータを誤用する

利用者がデータの前提条件を理解せずにデータを使用し、構造物に不具合が発生したり、施工条件の類似したデータをそのまま施工管理に流用し、トラブルが発生したりする可能性がある。このような場合には、運用に関する規程で、データを利用して生じた不都合、損害等に対して提供者は一切の責務を負わないこと、データの利用は利用者の自己責任であることを記載する (Type-2) などの対応策が考えられる。

(d) 利用者がデータを利用した論文等発表を行う

利用者がデータを利用した論文等を対外的に発表する場合、提供者としては、データを取得した現場名や施工場所等を公表してもらいたくない場合がある。このような場合には、運用に関する規程で、データの著作権の有無に関わらず、利用者がデータを利用した論文等の発表を行う場合には、あらかじめ提供者の許可を得る必要があること、提供者の利用条件 (たとえば、「現場 A」と記述するなど) を遵守しなければならないことを明記するなどの対応策が考えられる。これに反した場合には、民法上の契約の債務不履行となる。(Type-1、Type-2)

(e) 利用者が提供者にデータ内容の問い合わせをする

提供者によっては、施工関係データはしゅん功後に建設部門から管理部門に引き継がれる。このため後年、利用者からデータ使用の要望があり、その内容について問い合わせがあっても対応できない。このような場合、運用に関する規程で、利用者からのデータ内容等に関する問い合わせには対応できないことを記載する (Type-2、Type-3) などの対応策が考えられる。

### 3.6 照査時チェックシート

「CIM 事業における成果品作成の手引き (案)」に準じて、照査時チェックシートを作成した。照査時チェックシートは、表 3.23 に示す CIM モデル照査時チェックシートに加えて、表 3.24 に示すシールド技術情報 DB に関する項目を追加する。

表 3.23 照査時チェックシート

チェックリスト1：事前協議内容及び3次元モデルの整合性のチェック

項目	内容	照査対象		照査結果
		有	無	
① 測地系、単位系	測地系・単位系は正しく設定されているか？			
② 作成意図	意図したモデルが作成できているか？			
③ 配置位置	構造物の配置座標が確認できるか？			
④ 詳細度	活用目的に必要な詳細度で作成されているか？			
⑤ 対象範囲	モデルの更新範囲や必要な部材や周辺構造に抜けがないか？			
⑥ 不整合	ねじれや離れ等のモデルの不整合がないか？			
⑦ 属性情報	指定した属性情報が付与されているか？			

チェックリスト2：2次元成果との整合性のチェック

項目	内容	照査対象		照査結果
		有	無	
① 用地境界	用地境界が確認でき設計値と座標が一致しているか？			
② 中心線座標	中心線座標が確認できるか？			
③ 河川水位	計画高水位が確認でき、設計値と一致しているか？			
④ 地下水位	地下水位が確認でき、設計値と一致しているか？			
⑤ 推定岩盤線	推定岩盤線が確認でき、設計値と一致しているか？			
⑥ 柱状図	柱状図が確認でき、設計値と一致しているか？			
⑦ 建築限界	建築限界が確認でき、平面図と一致しているか？			
⑧ 基本寸法	構造物モデルの基本寸法は設計値と一致しているか？			
⑨ 高さ関係	各構造物の天端高、上部工路面標高、根入れ長等が確認でき、設計値と一致しているか？			
⑩ 配筋	配筋モデルは、配筋図及び配筋組立図の配置寸法、鉄筋径と一致しているか？			
⑪ かぶり	構造物モデル上での鉄筋と構造物のかぶりは設計値と一致しているか？			

※1 各チェック項目について、対象の有無をチェックし、“有”をチェックした項目の照査結果欄に“○”と記すこと。

※2 本チェックシートを確認した際に用いたチェック入りの設計図等（線形計算書、平面図、構造一般図等）も合わせて提出すること。

表 3.24 照査時チェックシート（追加）

チェックリスト3：シールド技術情報DBの整合性のチェック

項目	内容	照査対象	照査結果
(1) シールド技術情報DB	(1.1) 工事識別データは間違いないか。		
	(1.2) 技術資料一覧は、登録した資料と一致しているか。		
(2) BIM/CIMモデル	(2.1) BIM/CIMモデルは、モデル作成ガイ		

	ドラインのとおりに作成したか。		
	(2.2) BIM/CIM モデルとシールド技術情報 DB の情報を保存したフォルダのリンクは間違いないか。		

凡例 照査対象 ○：対象 -：非対象 照査結果  
照査結果 ○：内容をすべて満たしている  
△：内容を一部満たしている  
×：内容を満たしていない。

### 3.7 シールドトンネル技術情報 DB と BIM/CIM モデルのデータ連携ガイドラインの作成

本章で示したシールド技術情報 DB と BIM/CIM モデルの連携について、シールドトンネルに関する一連の業務において、シールドトンネル技術情報 DB に保存する情報を作成するための作成段階および作成者を、プロセスとして明示することを目的とする「シールドトンネル技術情報 DB と BIM/CIM モデルのデータ連携ガイドライン」を作成した。シールドトンネルに関する業務において、どの段階でだれがどのようなデータを作成するかを示すものである。シールドトンネル技術情報 DB に保存する情報を関連付ける BIM/CIM モデルは、「シールドトンネルの BIM/CIM モデル作成ガイドライン」(4.9 参照) に準拠して作成する。

「シールドトンネル技術情報 DB と BIM/CIM モデルのデータ連携ガイドライン」の校正を附属資料 A.1 ガイドライン概要に示す。

### 3.8 まとめ

本章では、シールド技術情報 DB と BIM/CIM モデルの連携について検討した。シールド技術情報 DB に保存する情報を整理し、シールドトンネルの設計および施工に際して作成、保存すべき資料を示した。シールドトンネルに関するプロセスとして、全体プロセスとそのサブタスクである設計段階のプロセスおよび施工段階のプロセスを示した。先に整理したシールド技術情報 DB に保存する情報が、全体作業工程のどの段階で作成するものであるかを検討し、設計段階と施工段階で作成する情報を識別した。これを踏まえて、BIM/CIM モデルとの連携の基礎的な考え方を検討した。この結果得られたシールドトンネ

ルのデータ連携に関する事項を以下にまとめる。

- ① シールド技術情報 DB に保存する情報は、設計段階で作成する情報があり、これを施工段階における設計変更の初期条件として用いることを想定した、データ連携を示した。
- ② シールドトンネル構築に関するプロセスを整理し、シールド技術情報 DB に保存する情報がどの段階で作成するかを示した。
- ③ シールドトンネル構築に関するプロセスとシールド技術情報 DB の連携に基づいて、BIM/CIM モデルとの連携の基礎的な考え方を示した。
- ④ シールド技術情報 DB に保存する情報の取り扱い方針を示した。情報の取り扱いに際しては、「個人情報の保護に関する法律」およびその他の法令・規範を遵守すべきこと、技術情報の提供により、個人が特定できる可能性あるいは個人の生命・資産を侵害する可能性があるとして提供者が判断した場合には、利用者への提供を停止することとしている。

### 3.9 参考文献

- 1) International Organization for Standardization: ISO/IEC19510:2013 Information technology — Object Management Group Business Process Model and Notation, <<https://www.iso.org/standard/62652.html>>, (accessed 2020.6.30) .
- 2) 国土交通省：土木設計業務等共通仕様書（案）第 6 編道路編、令和 2 年<[https://www.mlit.go.jp/tec/gyoumu\\_shiyou.html](https://www.mlit.go.jp/tec/gyoumu_shiyou.html)>、(入手 2020.6.30) .
- 3) 日本下水道協会：下水道用設計積算要領：管路施設(シールド工法)編、日本下水道協会、2010.
- 4) 土木学会：シールドトンネル技術情報のデータベース化に関する検討、2011.

## 第4章 シールドトンネルの BIM/CIM モデルの作成手法の開発

### 4.1 概要

本章では、シールドトンネルの BIM/CIM モデルの作成方法の開発について示す。前章で示したシールド技術情報 DB と BIM/CIM モデルの連携について基礎的な考え方に基づいて、シールド技術情報 DB を関連付ける BIM/CIM モデルの具体的な作成手法を示すものである。

BIM/CIM モデルの作成手法は、特定のアプリケーションおよびデータモデルに依存しないことを基本方針とした。BIM/CIM モデルの作成が特定のソフトウェアに依存する場合、検討に使用したソフトウェア以外のソフトウェアでは、シールドトンネルの BIM/CIM モデルを作成することができなくなる恐れがある。また、現時点の機能で検討することになるため、進化するソフトウェアの機能に対応できなくなる懸念もある。そのため、本委員会では、BIM/CIM モデルの作成に必要な要件を示すものとした。

一方で、BIM/CIM モデルの作成には、ソフトウェアが必要不可欠である。本報告書に示す BIM/CIM モデルを、実務で利用しているソフトウェアで作成できないものがあることも考慮しなければならない。そのため、本報告書に示す BIM/CIM モデルを実業務で作成した場合に、作成者が利用者に対して、どの部分が作成できていて、どの部分が作成できていないかを伝達する手法を合わせて示すものとする。

### 4.2 BIM/CIM モデルの基本な考え方

BIM/CIM モデルの作成方法の開発において、対象とする構造物、BIM/CIM モデルの利用場面（以下、ユースケース）および利用場面におけるデータ連携の想定（以下、データ連携シナリオ）を示す。

#### 4.2.1 対象構造物

シールドトンネルの BIM/CIM モデルとして対象とする構造物は、シールド工法により構築するトンネル本体とする。（図 4.1 参照）

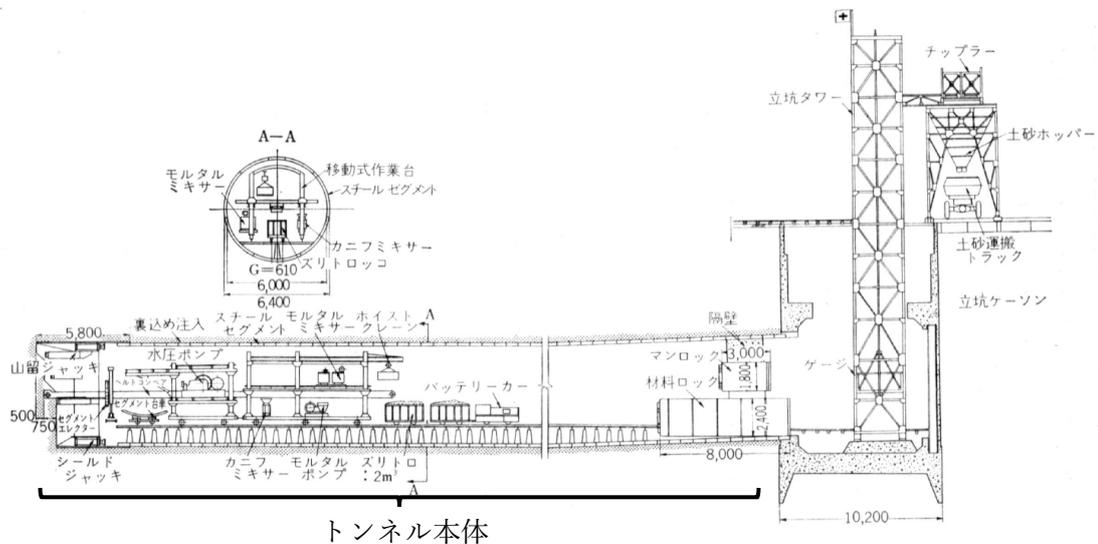


図 4.1 シールド工法の概念図<sup>1)</sup>

## 4.2.2 BIM/CIM モデルの利用想定

### 4.2.2.1 利用想定

本委員会では、シールドトンネルの BIM/CIM モデルの利用想定を以下のとおりとした。

- ① 設計者は、設計段階の情報に基づいたシールドトンネルに関する BIM/CIM モデルを作成し、シールド技術情報 DB に関連する情報を関連付け、発注者に引き渡す。
- ② 設計段階で作成する BIM/CIM モデルは、基準であるトンネル中心線形のモデルを作成することを主たる目的とする。個々のセグメントおよびリングのモデルは作成せず、セグメントの種別を識別する情報を主として、その他の付随する情報を持たせることとする。
- ③ 発注者は、設計者が作成したシールド技術情報 DB に関連する情報が関連付けられたシールドトンネルに関する BIM/CIM モデルを、施工者に貸与する。
- ④ 施工者は、発注者から貸与されたシールドトンネルに関する BIM/CIM モデルに基づいて、施工段階の情報に基づくシールドトンネルに関する BIM/CIM モデルを作成し、シールド技術情報 DB に関連する情報を関連付け、発注者に引き渡す。この時、設計者が作成したシールドトンネルに関する BIM/CIM モデルを編集する場合がある。

- ⑤ 施工段階で作成する BIM/CIM モデルは、施工実績としてリングのモデルを示すことを主たる目的とする。個々のセグメントのモデルは作成せず、K セグメントの位置を示す情報を主として、その他の付随する情報を持たせることとする。
- ⑥ 発注者は、シールド技術情報 DB に関連する情報を保存する。

シールドトンネルに関する BIM/CIM モデルは、オブジェクト形状、オブジェクト属性および外部ファイルで構成するものとする。BIM/CIM モデルの作成、利用という観点では、設計者が作成者であり、施工者が利用者であると考えを基本とする。ただし、設計段階においては、施工者も作成者となりえる。発注者は、常に利用者であるとする。シールドトンネルの BIM/CIM モデルの編集とは、変更、追加、削除を想定する。

#### 4.2.2.2 プロセスマップ

##### 1) データ連携

利用想定に基づくプロセスマップを図 4.2 に示す。図 4.2 のプロセスマップに示す、設計段階の「TX01 BIM/CIM モデル作成のため情報を取得する」、および施工段階の「TX05 BIM/CIM モデル作成のため情報を取得する」は、それぞれの段階において BIM/CIM モデル作成する過程を表すサブタスクがある。

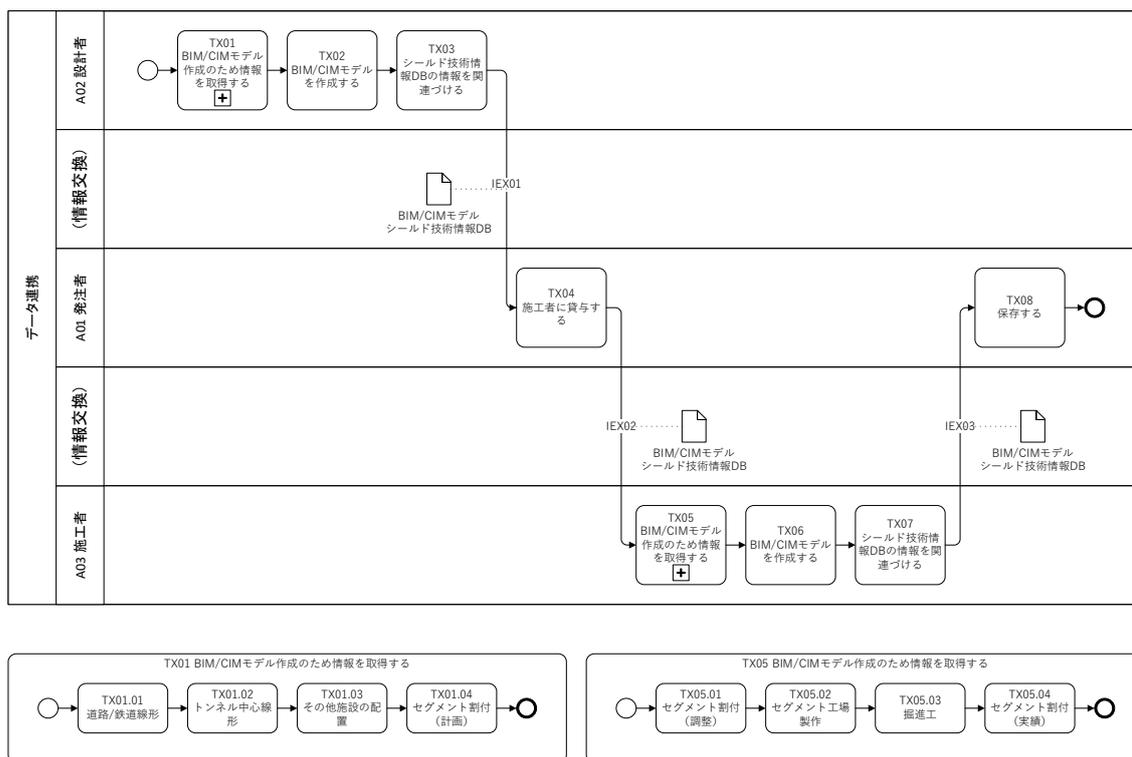


図 4.2 データ連携のプロセスマップ

設計段階の「TX01 BIM/CIM モデル作成のため情報を取得する」は、主としてシールドトンネルの線形を確定させることに重点を置いている。まず、シールドトンネルを構築する目的物としての道路あるいは鉄道の線形があり、その線形を基準に設定するトンネル中心線形がある。シールドトンネルのセグメント割付に際して考慮するその他の施設の配置、計画段階のセグメント割付がある。設計段階でのセグメント割付は、BIM/CIM モデルで個々のセグメントを表現することが目的ではなく、セグメントの種類およびその他の付随する情報を識別するトンネル区間を設定するための情報である。

施工段階の「TX05 BIM/CIM モデル作成のため情報を取得する」は、主として施工実績であるリングおよび K セグメントの位置を確定させることに重点を置いている。設計段階で想定したセグメント割付の調整を行い、セグメント製作のために施工時に想定したセグメント割付の情報とする。シールドトンネルの掘進工を経て、施工実績としてのセグメント割付の確定情報を得る。施工段階においてもセグメント割付は、BIM/CIM モデルで個々のセグメントを表現することが目的ではなく、K セグメントの位置およびその他の付随する情報を識別するリングを設定するための情報である。

## 2) 設計段階および施工段階のプロセスとの関係

設計段階のサブタスク（図 4.2）に示す各タスクと設計段階のプロセスとの関係を整理した。設計段階における BIM/CIM モデルの作成は、詳細設計段階で実施することを想定していることから、図 3.11 に示す詳細設計段階のプロセスとの関係として整理し、その結果を図 4.3 に示す。図 4.3 はサブタスク（図 4.2）に示す各タスクを「黄色」で示している。道路/鉄道線形は、道路または鉄道の設計業務で作成する情報であることから、シールドトンネルの詳細設計における設計条件の確認で参照する情報と位置づけている。その他のタスクは、先行するタスクのアプトプットを用いて情報を取得することができる。

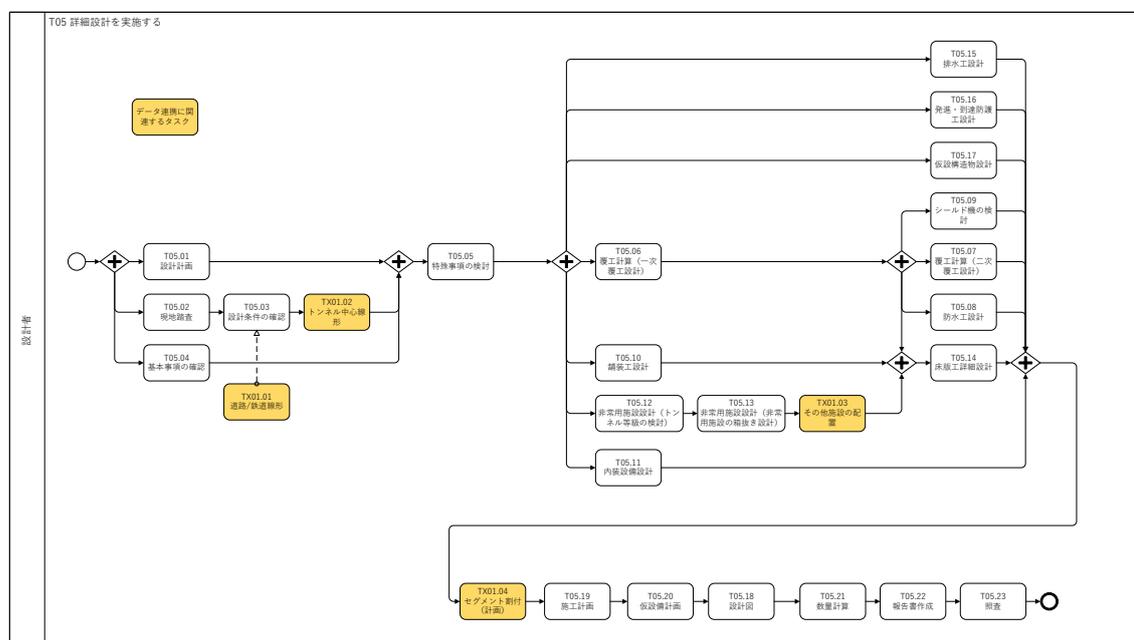


図 4.3 設計段階のデータ連携のプロセスマップ

施工段階のサブタスク（図 4.2）に示す各タスクと施工段階のプロセスとの関係を整理した。施工段階における BIM/CIM モデルの作成は、図 3.12 に示す施工段階のプロセスのタスクとの関係として整理し、その結果を図 4.4 に示す。施工段階において取得する情報は、これまでの施工管理で記録している情報を用いることができることが確認された。

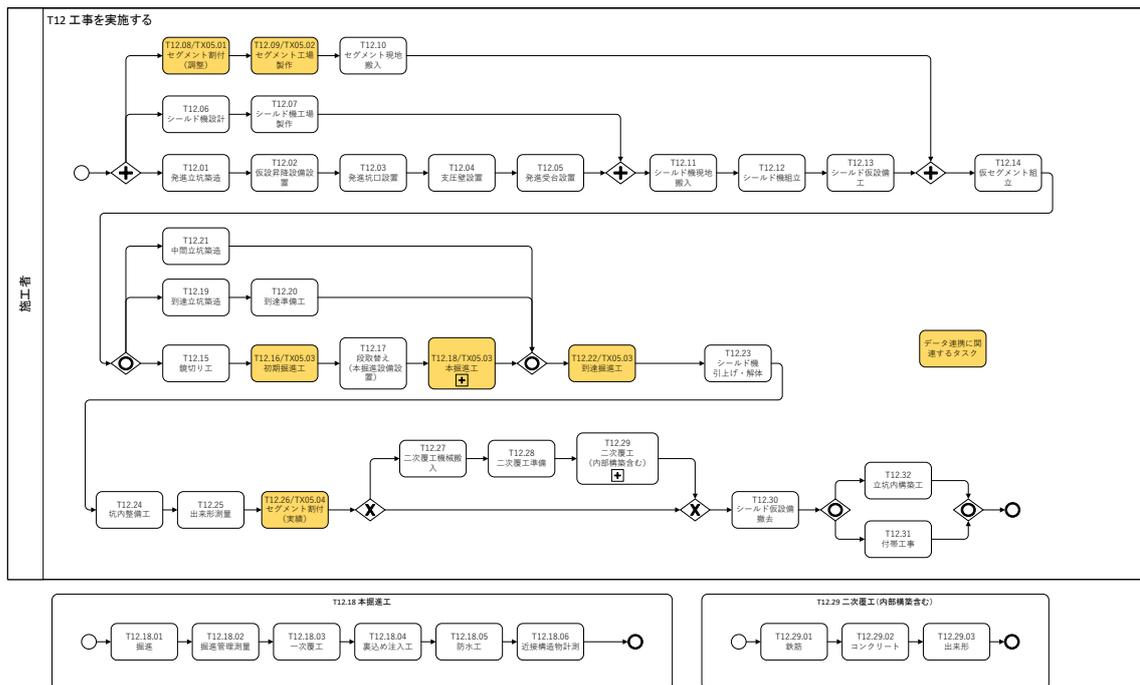


図 4.4 施工段階のデータ連携のプロセスマップ

## 4.2.3 BIM/CIM モデルの全体構成

### 4.2.3.1 全体モデルにおけるシールドトンネルの BIM/CIM モデルの位置づけ

本委員会では「シールド工法により構築するトンネル本体」を対象構造物したが、シールドトンネルの BIM/CIM モデルは、地形や地盤との関係を含めた全体的なモデルの一部となる。シールドトンネルの BIM/CIM モデルが、地形や地盤等のモデルを踏めた全体モデルのどの部分に位置づけられるかを示すため、図 4.5 に示す全体モデルを示す。

全体モデルには、トンネル本体を含む構造物として他に立坑、トンネル設備、施設がある。また、トンネルを築造する周辺にある地形、地質、地物がある。本委員会の対象構造物としているシールドトンネルの BIM/CIM モデルは図 4.5 に青で示す部分が該当する。図 4.5 に白で示す部分のモデルは、本委員会の対象範囲外としているが、モデルの作成にあたっては、国土交通省の CIM 導入ガイドライン（案）等に準じて作成するものとする。

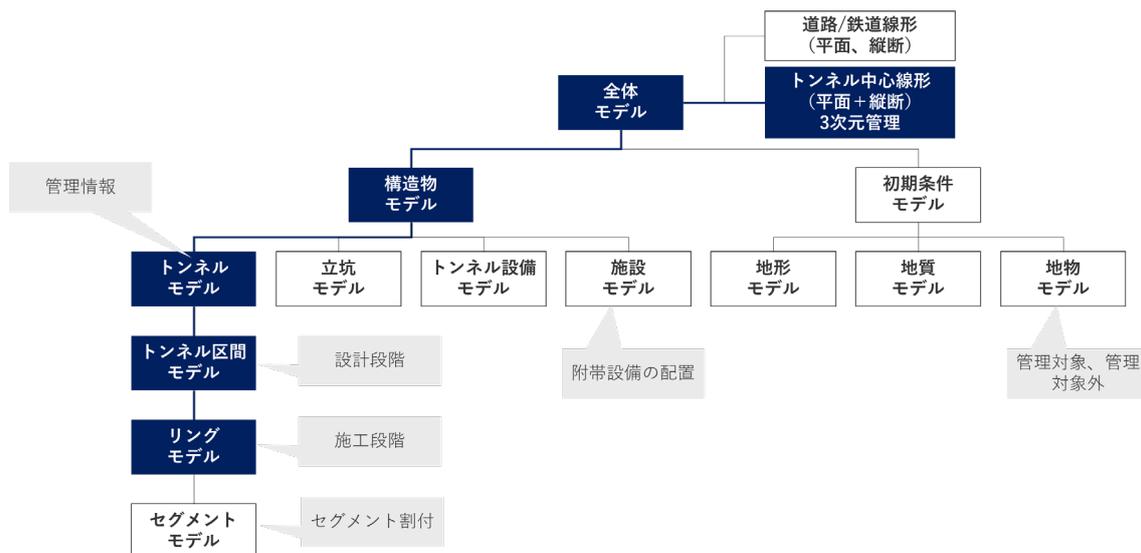


図 4.5 モデルの全体構成

#### 4.2.3.2 各モデルの説明

以下に、全体構成に示す各モデルの取り扱いについて示す。

##### 1) 全体モデル

全体モデルは、計画の範囲内の全体を表すモデルである。全体モデルは、初期条件モデル、構造物モデル、トンネル中心線形モデル、道路/鉄道線形モデルで構成する。全体モデルを構成する各モデルは異なるソフトウェアで作成することが想定されるため、全体モデルは、複合モデルとする。複合モデルは、それ自身がオブジェクト形状を保持するのではなく、下位の各モデルの形状を参照し、それらを複合して全体の形状を表現するモデルである。

##### 2) 道路/鉄道線形モデル

道路/鉄道線形モデルは、道路または鉄道の中心線形を表す。道路/鉄道線形モデルは、本ガイドラインの対象範囲外とする。

##### 3) トンネル中心線形モデル

トンネル中心線形モデルは、トンネルの中心線形を表す。

##### 4) 構造物モデル

構造物モデルは、計画の範囲内の構造物を表すモデルである。構造物モデルは、トンネル

モデル、立坑モデル、トンネル設備モデル、施設モデルで構成する。構造物モデルは、下位の各モデルを参照する複合モデルとする。

#### **5) トンネルモデル**

トンネルモデルは、計画の範囲内においてシールド工法で施工するトンネルを表すモデルである。トンネルモデルは、トンネル区間モデルおよびリングモデルで構成する。トンネルモデルは、下位の各モデルを参照する複合モデルとする。

トンネルモデルは、必要に応じて、該当区間のトンネルを分割することができる。その場合、トンネルモデルは、細分化したトンネルモデルをネストすることができる。

#### **6) 立坑モデル**

立坑モデルは、計画の範囲内にある立坑を表すモデルである。立坑モデルは、本ガイドラインの対象外とする。

#### **7) トンネル設備モデル**

トンネル設備モデルは、計画の範囲内においてトンネルの内部に築造するさまざまな設備を表すモデルである。トンネル設備モデルは、本ガイドラインの対象外とする。

#### **8) 施設モデル**

施設モデルは、計画の範囲内においてトンネルの周辺に築造するさまざまな施設を表すモデルである。施設モデルは、本ガイドラインの対象外とする。

#### **9) 初期条件モデル**

初期条件モデルは、計画の範囲内において計画の対象である構造物モデル以外を表すモデルである。初期条件モデルは、地形モデル、地質モデルおよび地物モデルで構成する。初期条件モデルは、下位の各モデルを参照する複合モデルとする。初期条件モデルは、本ガイドラインの対象範囲外とする。

#### **10) 地形モデル**

地形モデルは、計画の範囲内の地表面を表すモデルである。地形モデルは、本ガイドラインの対象外とする。

## 11) 地質モデル

地質モデルは、計画の範囲内の地質を表すモデルである。地質モデルは、本ガイドラインの対象外とする。

## 12) 地物モデル

地物モデルは、計画の範囲内において計画の対象である構造物以外の地物を表すモデルである。地物モデルは、本ガイドラインの対象外とする。

## 13) トンネル区間モデル

トンネル区間モデルは、設計段階においてトンネルのオブジェクト形状を現すモデルである。

トンネル区間モデルは、トンネル線形モデルの平面線形の幾何要素（直線、緩和曲線、円曲線）で分割することを基本とする。必要に応じて、縦断曲線を考慮する。トンネル区間モデルは、トンネル線形モデルの平面線形および縦断線形に基づいて作成したトンネル区間モデル基準線に沿って作成する。

トンネル区間モデルは、必要に応じて、該当区間のトンネル内空の半径、セグメント厚によって分割することができる。その場合、トンネル区間モデルは、細分化したトンネル区間モデルをネストすることができる。たとえば、曲線区間を1m程度の延長のトンネル区間モデルに分割した場合、分割した複数のトンネル区間モデルを当該曲線区間のトンネル区間モデルにネストする。

## 14) リングモデル

リングモデルは、施工段階においてトンネルのオブジェクト形状を表すモデルである。

リングモデルは、リングの出来形に基づいて分割することを基本とする。リングモデルは、トンネル線形モデルの平面線形および縦断線形に基づいて作成したトンネル区間モデル基準線に沿って作成する。

## 15) セグメントモデル

セグメントモデルは、セグメントのオブジェクト形状を表すモデルである。

## 4.2.4 BIM/CIM モデルの要件

### 4.2.4.1 原則

トンネルモデルは、設計段階、施工段階の各段階において必要な情報のみを必須とした。図 4.6 に示す設計段階におけるトンネルモデルのイメージは、トンネル線形を直線・曲線等の区間を表した「トンネル区間モデル」で構成する。図 4.7 に示す施工段階におけるトンネルモデルのイメージは、トンネル線形と各リングを表した「リングモデル」で構成する。

設計段階および施工段階ともに、セグメントに関する情報は主として属性情報で保持することとした。

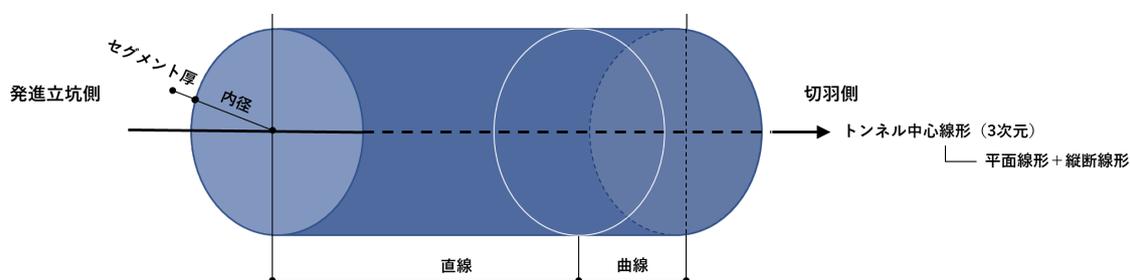


図 4.6 トンネル区間モデル

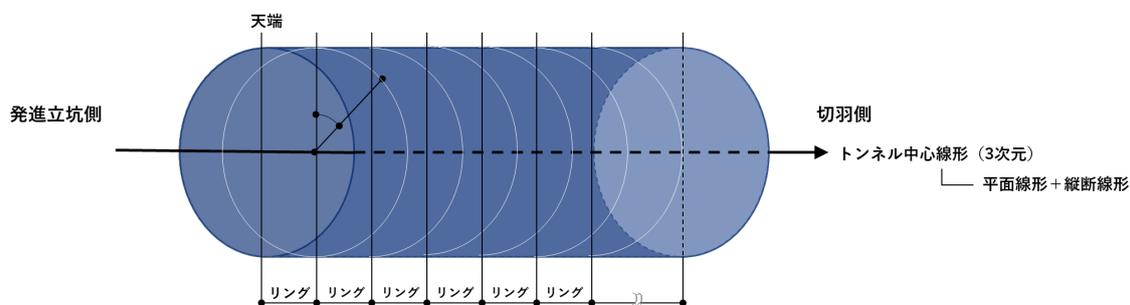


図 4.7 リングモデル

### 4.2.4.2 設計段階の BIM/CIM モデルの基本要件

設計段階の BIM/CIM の基本要件は、シールドトンネルのトンネル中心線形を施工段階に引き継ぐことを基本要件とする。オブジェクト形状等は、トンネル中心線形を基準に作成する。トンネル中心線形の線形要素から直線区間、曲線区間、および、摺付区間を選定し、それぞれにトンネル区間モデルとしてオブジェクト形状を作成する。なお、セグメントの種

類等の情報を変更する必要に応じて、各区間をさらに分割できるものとした。摺付区間と曲線区間では、1m幅を基本として形状を分割することもできる。設計段階では、セグメントの数量/積算も目的であることから、対応する情報を属性情報として与えることとした。図 4.8 にオブジェクト形状の例、表 4.1 にオブジェクト形状およびオブジェクト属性の基本要件を示す。

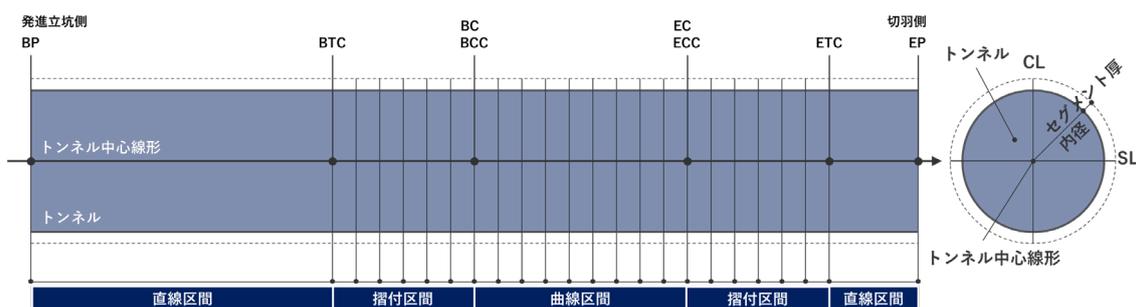


図 4.8 オブジェクト形状の例（設計段階）

表 4.1 オブジェクト属性の基本要件（設計段階）

モデル	形状	属性情報
トンネル中心線形モデル	<ul style="list-style-type: none"> <li>平面線形と縦断線形</li> <li>平面線形と縦断線形から作成した3次元形状</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>縦断線形および平面線形の情報</li> <li>トンネル中心線形の設定根拠</li> </ul>
トンネル区間モデル	<ul style="list-style-type: none"> <li>トンネル内径を半径とする、トンネル中心線形に沿った3次元の円筒形</li> <li>延長方向は、直線区間、曲線区間、摺付区間で分割する。</li> <li>曲線区間および摺付区間では、1m幅を基本として分割する。急曲線区間は幅を別途に定める。</li> </ul>	直線区間は1つの区間とし、曲線区間と摺付区間は分割した延長ごとに、以下を設定する。 <ul style="list-style-type: none"> <li>トンネル内径</li> <li>セグメント厚</li> <li>リング数</li> <li>セグメント関連図面</li> </ul>

#### 4.2.4.1 施工段階の BIM/CIM モデルの基本要件

施工段階の BIM/CIM の基本要件は、施工実績であるリングおよび K セグメントの位置

等を確定し、維持管理段階に引き継ぐことを基本要件とする。オブジェクト形状等は、リングを基準に作成する。施工実績からリングを作成し、それぞれをリングモデルとしてオブジェクト形状を作成する。リングモデルでは個々のセグメントの配置は必須ではないが、維持管理段階において重要となるセグメント継手位置を再現できるように、K セグメントの中心角度をトンネル天端からの角度で与えることとした。図 4.9 にオブジェクト形状の例、表 4.2 にオブジェクト形状およびオブジェクト属性の基本要件を示す。

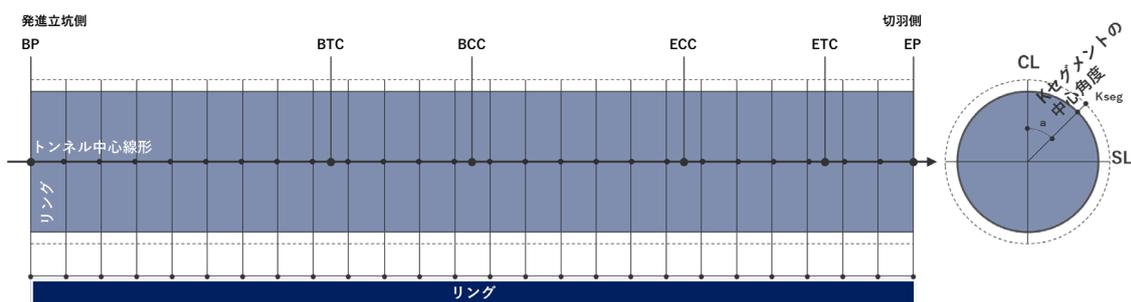


図 4.9 オブジェクト形状の例（施工段階）

表 4.2 オブジェクト属性の基本要件（施工段階）

モデル	形状	属性情報
トンネル中心線形モデル	<ul style="list-style-type: none"> <li>平面線形と縦断線形</li> <li>平面線形と縦断線形から作成した3次元形状</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>縦断線形および平面線形の情報</li> <li>トンネル中心線形の設定根拠</li> </ul>
リングモデル	<ul style="list-style-type: none"> <li>トンネル内径を半径とする、トンネル中心線形に沿った3次元の円筒形</li> <li>リング幅で分割する。</li> <li>リングの切羽側にリングの基準点を設定する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>リングごとに以下を設定する。</li> <li>リング番号（組立順）</li> <li>トンネル内径</li> <li>セグメント厚、セグメント幅</li> <li>セグメント関連図面</li> <li>K セグメントの中心角度（天端から切羽側に向かって時計回り）</li> <li>セグメント製造番号（K セグメントから時計回り）、</li> </ul>

		リングの基準点に以下を設定する。 ・ リングの蛇行量、リングの不陸量
--	--	---------------------------------------

### 4.3 設計段階における BIM/CIM モデルの作成

BIM/CIM モデルの利用想定 (4.2.2) および BIM/CIM モデルの要件 (4.2.4) に従い、設計段階における BIM/CIM モデルの作成方法を示す。

#### 4.3.1 モデルの目的

設計段階で作成する BIM/CIM モデルは、シールドトンネルの線形を確定し、施工段階に伝達させることを主たる目的とする。セグメントは個々に表現せず、セグメントの種類およびその他の付随する情報を識別するトンネル区間として設定する。シールド技術情報 DBのうち、管理資料および設計関連資料と連携する。

#### 4.3.2 モデルの構成

設計段階の基本構成を図 4.10 に示す。モデルの構成は、UML のクラス図に準じている。図 4.5 に示す全体構成のうち、設計段階のモデルとして作成しなければならないモデルの構成を示している。図 4.10 の基本構成は、設計段階の完了時の構成を想定している。

各モデルのうち、明示的な形状を持つモデルはトンネル区間モデルおよびトンネル中心線形モデルである。トンネル区間モデルの上位にあるモデルは、トンネル区間モデルの形状を参照する。

全体モデルは、1 以上のトンネル中心線形モデルおよび 1 以上の構造物モデルで構成する。構造物モデルは、1 以上のトンネルモデルで構成する。トンネルモデルは 1 以上のトンネル区間モデルで構成する。トンネルモデルは、トンネルモデルを階層化できる。トンネル区間モデルは、トンネル区間モデルを階層化できる。

トンネル中心線形モデルは、トンネル区間モデルの形状の基準線として参照する。

「トンネル中心線形モデル」にシールド技術情報 DB のフォルダ「03 設計関連資料」を、「構造物モデル」に同フォルダ「管理資料」と「09 その他」を、「トンネルモデル」に同フォルダ「03 設計関連資料」を、それぞれリンクする。

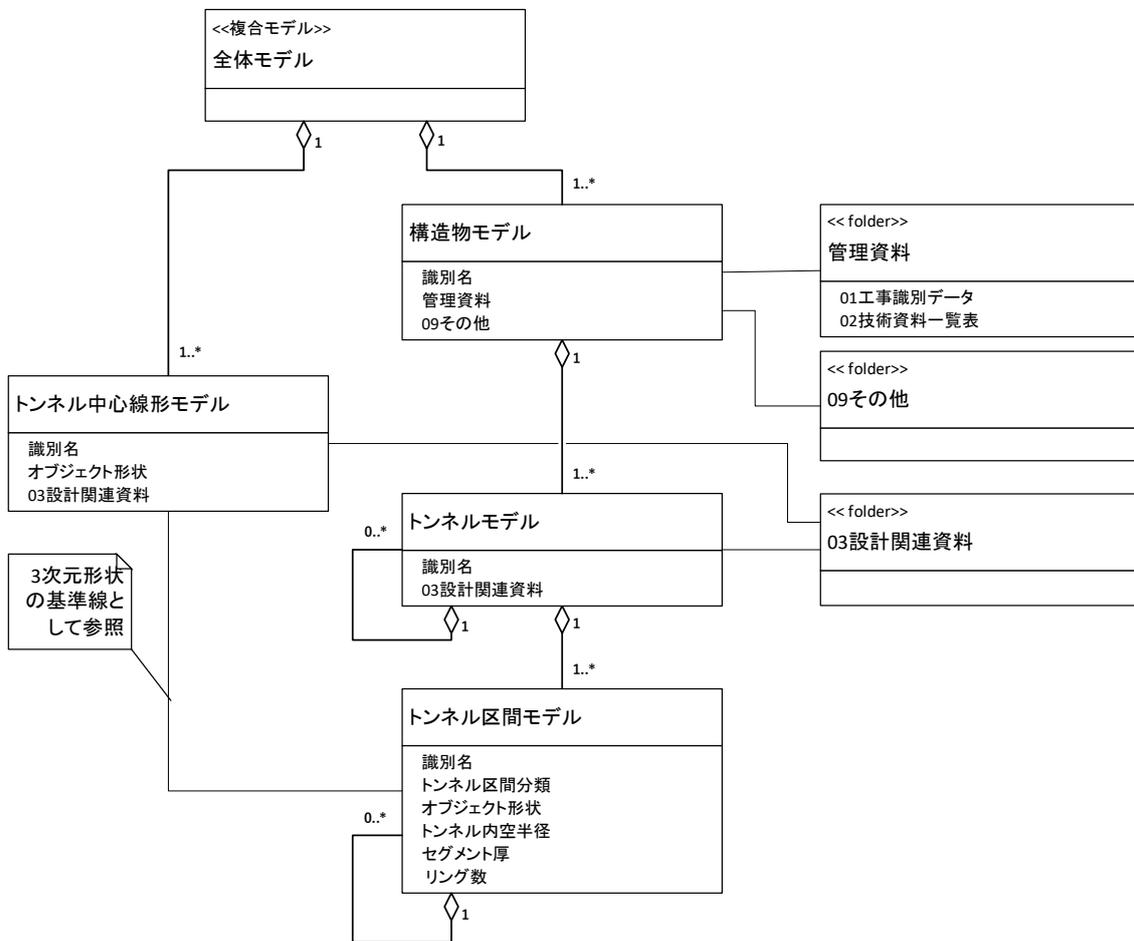


図 4.10 設計段階の基本構成

### 4.3.3 モデルの定義：全体モデル

#### 4.3.3.1 原則

全体モデルの作成は、任意とする。

#### 4.3.3.2 モデルの構成

全体モデルは、関連するモデルの最上位とする。全体モデルの情報を表 4.3 に示す。表中の外部リンクは、オブジェクト属性のうち、外部リンクとするものの有無を示している。

表 4.3 モデル構成

モデル	オブジェクト 形状	オブジェクト 属性	外部リンク
全体モデル	—	○	—

#### 4.3.3.3 オブジェクト形状

オブジェクト形状は、全体モデルの下位モデルのオブジェクト形状を参照する。

#### 4.3.3.4 オブジェクト属性

オブジェクト属性は設定していない。

#### 4.3.3.5 外部リンク

外部リンクはない。

#### 4.3.3.6 保存形式

全体モデルは、以下の形式とする。

- CAD データ
- IFC

#### 4.3.3.7 モデル作成の手順

全体モデルの作成手順（例）を図 4.11 に示す。作成手順の例は、モデル等の作成の具体的な方法は指定せず、作成者にゆだねるものとする。

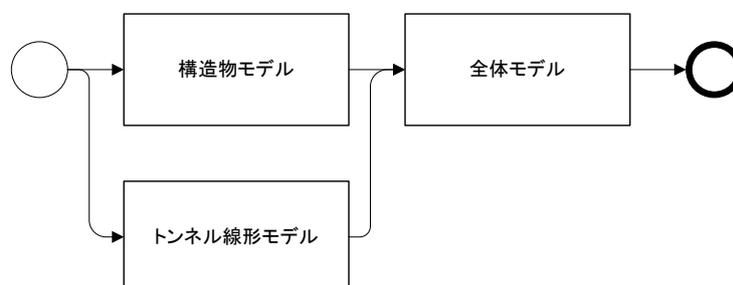


図 4.11 モデル作成手順

#### 4.3.4 モデルの定義：トンネル中心線形モデル

##### 4.3.4.1 説明

トンネルの線形は、平面線形と縦断線形がある。一般的には、平面線形をまず作成し、測点および曲線起終点を設定したのち、縦断線形要素を付加していく。縦断勾配により中心線形の実長は平面線形上での区間長に対して長くなるものの、急勾配トンネルや長大トンネルでない限り、目的とする線形管理上はおおむね問題になることは少ない。また、設計段階から施工段階に引き継ぐ情報は、平面線形ならびに縦断線形に関する曲線諸元、曲線区間の起終点座標、トンネル基本形状の変化点座標、セグメント種類の変化点座標、各区間のセグメント種類等の情報とする。なお、道路/鉄道用途のトンネル中心線形の設定に際しては、建築限界を確保していることを確認するため、トンネル中心と道路/鉄道の線形の水平ならびに鉛直オフセット値を平面/縦断線形上の曲線起終点および中間点で確認することを推奨する。

##### 4.3.4.2 原則

トンネル中心線形モデルの作成は、設計段階および施工段階のいずれでも必須とする。トンネル中心線形モデルは、次の標準に準じて作成する。

- － 国土交通省 国土技術政策総合研究所：LandXML1.2 に準じた 3次元設計データ交換標準（案）Ver1.3、平成 31 年 3 月

##### 4.3.4.3 モデルの構成

トンネル中心線形モデルは、全体モデルの下位とする。トンネル中心線形モデルの情報を表 4.4 に示す。表中の外部リンクは、オブジェクト属性のうち、外部リンクとするものの有無を示している。

表 4.4 モデルの情報

モデル	オブジェクト形状	オブジェクト属性	外部リンク
トンネル中心線形モデル	○	○	○

#### 4.3.4.4 オブジェクト形状

##### 1) 原則

オブジェクト形状は、モデル内のオブジェクトを表す幾何形状をいう。オブジェクト形状は、モデルの目的により 2次元幾何形状と 3次元幾何形状がある。

オブジェクト形状の要件を次のとおりとする。

- オブジェクト形状は、ひとつのオブジェクトを表していることが明確に識別できること。
- オブジェクト形状は、オブジェクト属性を付与できること。

##### 2) 形状表現

トンネル中心線形モデルのオブジェクト形状は、平面線形および縦断線形を表す 2次元幾何形状として作成する。ただし、平面線形および縦断線形は可視化しなくともよい。

#### 4.3.4.5 オブジェクト属性

##### 1) 原則

オブジェクト属性は、モデル内のオブジェクトの特性を表す情報をいう。オブジェクト属性は、オブジェクトに付随する。ただし、フォルダやファイルなど外部リンクとする場合もある。オブジェクト属性の要件を次のとおりとする。

- オブジェクト形状をもたないモデルであっても、オブジェクト属性を表示できること。
- オブジェクト属性が外部リンクの場合、リンク切れ等がないように適切に処理すること。
- オブジェクト属性の名称は規定のとおりとすること。英語名の場合は（ ）内の名称を用いること。

##### 2) 種類

###### ① 識別名 (Name)

識別名は、計画の範囲内のトンネル中心線形モデルを識別する名称とする。

###### ② 03 設計関連資料

平面線形および縦断線形の根拠となる線形データを保存する。

### 3) 表示

トンネル中心線形モデルのオブジェクト属性は、トンネル中心線形モデルのオブジェクト形状を選択して表示する。

#### 4.3.4.6 外部リンク

オブジェクト属性のうち、以下は外部リンクとする。

- 線形情報

外部リンクは、当該オブジェクト情報を格納したフォルダのパスとする。

#### 4.3.4.7 保存形式

トンネル中心線形モデルを個別のファイルとして保存する場合は、以下の形式とする。

- 線形データ (CSV 等)
- Land-xml1.2

#### 4.3.4.8 モデル作成の手順

トンネル中心線形モデルの作成手順 (例) を図 4.12 に示す。ただし、モデルの具体的な作成方法はソフトウェアに応じて異なるため、作成者にゆだねるものとする。

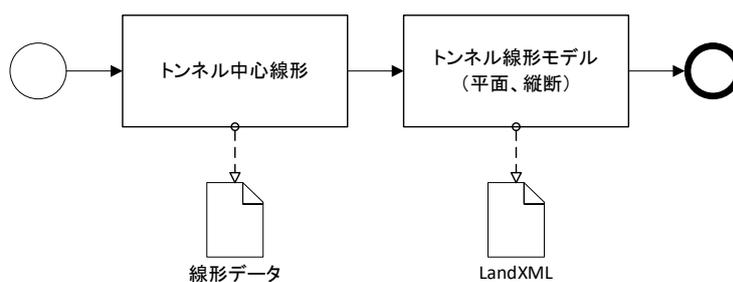


図 4.12 モデル作成手順

### 4.3.5 モデルの定義：構造物モデル

#### 4.3.5.1 原則

構造物モデルの作成は、設計段階および施工段階においても必須とする。構造物モデルは、設計段階で作成する。

#### 4.3.5.2モデルの構成

構造物モデルは、全体モデルの下位とする。構造物モデルの情報を表 4.5 に示す。表中の外部リンクは、オブジェクト属性のうち、外部リンクとするものの有無を示している。

表 4.5 モデル情報

モデル	オブジェクト形状	オブジェクト属性	外部リンク
構造物モデル	—	○	○

#### 4.3.5.3 オブジェクト形状

オブジェクト形状は、構造物モデルの下位モデルのオブジェクト形状を参照する。

#### 4.3.5.4 オブジェクト属性

##### 1) 原則

オブジェクト属性は、モデル内のオブジェクトの特性を表す情報をいう。オブジェクト属性は、オブジェクトに付随する。ただし、フォルダやファイルなど外部リンクとする場合もある。オブジェクト属性の要件を次のとおりとする。

- オブジェクト形状をもたないモデルであっても、オブジェクト属性を表示できること。
- オブジェクト属性が外部リンクの場合、リンク切れ等がないように適切に処理すること。
- オブジェクト属性の名称は規定のとおりとすること。英語名の場合は（ ）内の名称を用いること。

##### 2) 種類

###### ① 識別名 (Name)

識別名は、計画の範囲内の構造物モデルを識別する名称とする。

###### ② 管理情報 (SDB\_ManageInfo)

管理情報は、は、シールドトンネル技術情報の対象となる資料で、工事識別データおよび技術資料一覧表をいう。

### 3) 表示

構造モデルのオブジェクト属性は、次のとおりとする。

- 設計段階ではトンネル区間モデルのオブジェクト形状を選択して表示する。
- 施工段階ではリングモデルのオブジェクト形状を選択して表示する。

#### 4.3.5.5 外部リンク

オブジェクト属性のうち、以下は外部リンクとする。

- 管理情報

外部リンクは、当該オブジェクト情報を格納したフォルダのパスとする。

#### 4.3.5.6 保存形式

構造物モデルは、以下の形式とする。

- CAD データ
- IFC

#### 4.3.5.7 モデル作成の手順

構造物モデルの作成手順（例）を図 4.13 に示す。作成手順の例は、モデル等の作成の具体的な方法は指定せず、作成者にゆだねるものとする。

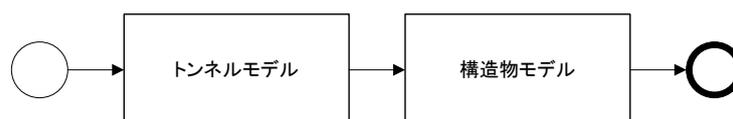


図 4.13 モデル作成手順

### 4.3.6 モデルの定義：トンネルモデル

#### 4.3.6.1 原則

トンネルモデルの作成は、設計段階および施工段階においても必須とする。トンネルモデルは、設計段階で作成する。

#### 4.3.6.2 モデルの構成

トンネルモデルは、構造物モデルの下位とする。

トンネルモデルは、必要に応じて、該当区間のトンネルを分割することができる。その場合、トンネルモデルは、細分化したトンネルモデルをネストすることができる。

#### 4.3.6.3 モデルの情報

トンネルモデルの情報を表 4.6 に示す。表中の外部リンクは、オブジェクト属性のうち、外部リンクとするものの有無を示している。

表 4.6 モデル情報

モデル	オブジェクト 形状	オブジェクト 属性	外部リンク
トンネルモデル	—	○	○

#### 4.3.6.4 オブジェクト形状

オブジェクト形状は、トンネルモデルの下位モデルのオブジェクト形状を参照する。

#### 4.3.6.5 オブジェクト属性

##### 1) 原則

オブジェクト属性は、モデル内のオブジェクトの特性を表す情報をいう。オブジェクト属性は、オブジェクトに付随する。ただし、フォルダやファイルなど外部リンクとする場合もある。オブジェクト属性の要件を次のとおりとする。

- オブジェクト形状をもたないモデルであっても、オブジェクト属性を表示できること。
- オブジェクト属性が外部リンクの場合、リンク切れ等がないように適切に処理すること。
- オブジェクト属性の名称は規定のとおりとすること。英語名の場合は（ ）内の名称を用いること。

##### 2) 種類

###### ① 識別名 (Name)

識別名は、計画の範囲内のトンネルを識別する名称とする。

## ② 03 設計関連資料 (SDB\_DesignInfo)

設計関連資料は、シールドトンネル技術情報の対象となる資料で、工事目的物の構造や設計思想、地盤条件等を確認するための資料をいう。

## ③ 04 施工関連資料 (SDB\_ConstructionInfo)

施工関連資料は、シールドトンネル技術情報の対象となる資料で、工事全体の施工計画や工程、機械性能や材料特性を確認するための資料をいう。

## ④ 05 しゅん功関連資料 (SDB\_AsBuiltInfo)

しゅん功関連資料は、シールドトンネル技術情報の対象となる資料で、工事完成時に工事成果をまとめた資料で、構造物の完成状況を確認するための資料をいう。

## ⑤ 06 工事記録 (SDB\_ConstructionRecord)

工事記録は、シールドトンネル技術情報の対象となる資料で、パンフレットなど工事内容を容易に理解することが可能となる資料や、トラブル等に対する報告資料をいう。

## ⑥ 08 計測管理データ (SDB\_MeasurementData)

計測管理データは、シールドトンネル技術情報の対象となる資料で、ここでは、計測対象となるリングを特定しない地表面変位計測等のデータをいう。

### 3) 表示

トンネルモデルのオブジェクト属性は、次のとおりとする。

- 設計段階ではトンネル区間モデルのオブジェクト形状を選択して表示する。
- 施工段階ではリングモデルのオブジェクト形状を選択して表示する。

#### 4.3.6.6 外部リンク

オブジェクト属性のうち、以下は外部リンクとする。外部リンクは、当該オブジェクト情報を格納したフォルダのパスとする。

- 設計関連資料
- 施工関連資料
- しゅん功関連資料
- 工事記録
- 掘進管理データ

#### 4.3.6.7 モデル作成の手順

トンネルモデルの作成手順（例）を図 4.14 および図 4.15 に示す。作成手順の例は、モデル等の作成の具体的な方法は指定せず、作成者にゆだねるものとする。

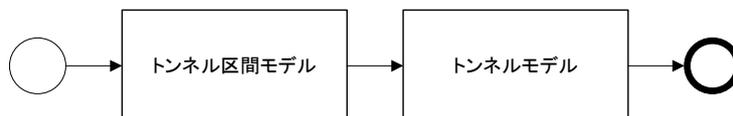


図 4.14 モデル作成手順（設計段階）

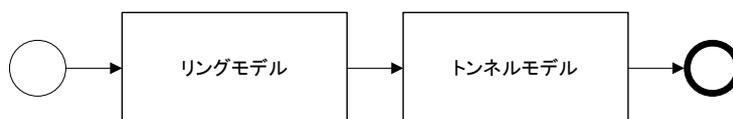


図 4.15 モデル作成手順（施工段階）

### 4.3.7 モデルの定義：トンネル区間モデル

#### 4.3.7.1 説明

トンネル区間モデルは、設計段階においてトンネルのオブジェクト形状を表すモデルである。トンネル区間モデルにおいては、リングおよびセグメントのモデル化は必須要件としない。この理由として、施工段階への引き継ぎ情報は、トンネル中心線形とトンネル基本形状を主としているが、「3.4.1」で述べたように、実際の施工においてはセグメントの割付は種々の理由により設計段階とは異なることが多いことによる。また、トンネル区間モデルは、シールドトンネルという線形構造物の情報を施工段階に明確に引き継ぐことを目的として、トンネル中心線形またはトンネル基本形状の変化点にて分割して作成する。

#### 4.3.7.2 原則

トンネル区間モデルの作成は、設計段階において必須とする。

#### 4.3.7.3 モデルの構成

トンネル区間モデルは、トンネルモデルの下位のモデルとする。

トンネル区間モデルは、必要に応じて、該当区間のトンネル内空の半径、セグメント厚によって分割することができる。その場合、トンネル区間モデルは、細分化したトンネル区間

モデルをネストすることができる。たとえば、曲線区間を 1m 程度の延長のトンネル区間モデルに分割した場合、分割した複数のトンネル区間モデルと当該曲線区間のトンネル区間モデルにネストする。

トンネル区間モデルの情報を表 4.7 に示す。表中の外部リンクは、オブジェクト属性のうち、外部リンクとするものの有無を示している。

表 4.7 モデル情報

モデル	オブジェクト形状	オブジェクト属性	外部リンク
トンネル区間モデル	○	○	—

#### 4.3.7.4 オブジェクト形状

##### 1) 原則

オブジェクト形状は、モデル内のオブジェクトを表す幾何形状をいう。オブジェクト形状は、モデルの目的により 2次元幾何形状と 3次元幾何形状がある。

オブジェクト形状の要件を次のとおりとする。

- オブジェクト形状は、ひとつのオブジェクトを表していることが明確に識別できること。
- オブジェクト形状は、オブジェクト属性を付与できること。

##### 2) 形状表現

トンネル区間モデルのオブジェクト形状は、トンネル中心線形モデルに基づいて作成したトンネル区間モデル基準線に沿った円筒形の 3次元幾何形状とする。

図 4.16 および図 4.17 にトンネル区間モデルのオブジェクト形状の作成例を示す。図 4.16 は、直線区間、摺付区間、曲線区間に分割した例を示す。図 4.17 は、摺付区間および曲線区間を細分化した例を示す。

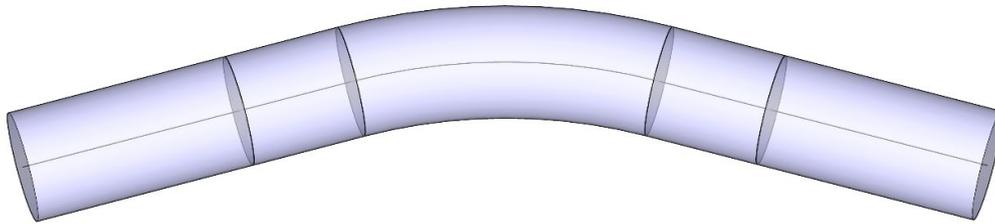


図 4.16 オブジェクト形状の作成例（トンネル区間モデル）

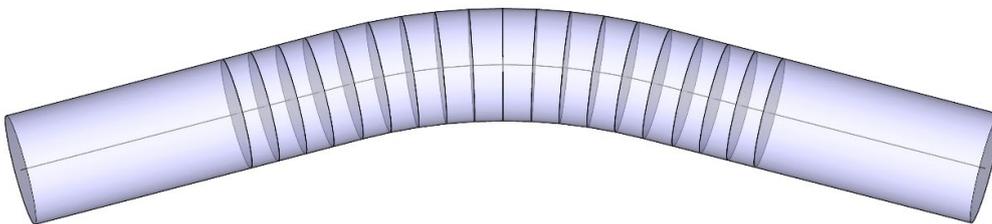


図 4.17 オブジェクト形状の作成例（トンネル区間モデル細分化）

#### 4.3.7.5 オブジェクト属性

##### 1) 原則

オブジェクト属性は、モデル内のオブジェクトの特性を表す情報をいう。オブジェクト属性は、オブジェクトに付随する。ただし、フォルダやファイルなど外部リンクとする場合もある。オブジェクト属性の要件を次のとおりとする。

- オブジェクト形状をもたないモデルであっても、オブジェクト属性を表示できること。
- オブジェクト属性が外部リンクの場合、リンク切れ等がないように適切に処理すること。
- オブジェクト属性の名称は規定のとおりとすること。英語名の場合は（ ）内の名称を用いること。

##### 2) 種類

###### ① 識別名 (Name)

識別名は、トンネル区間モデルを識別する名称とする。

② トンネル区間分類 (TunnelPartType)

トンネル区間分類は、トンネル区間の分類を表 4.8 に示す。

表 4.8 オブジェクト属性リスト

オブジェクト属性	リスト
トンネル区間分類	直線区間 曲線区間 緩和曲線区間 摺付区間 直線区間分割 曲線区間分割 緩和曲線区間分割 摺付区間分割

③ トンネル内空半径 (TunnelInnerRadius)

トンネル内空半径は、トンネル区間モデルとする範囲のトンネル内空の半径 (図 4.18 の R) とする。トンネル内空半径の単位は、単位は、ミリメートルとする。

④ セグメント厚 (SegmentThickness)

セグメント厚は、トンネル区間モデルとする範囲のセグメントの厚さ (図 4.18 の T) とする。セグメント厚の単位は、単位は、ミリメートルとする。

⑤ リング数 (NumberOfRings)

リング数は、トンネル区間モデルとする範囲のリング数とする。

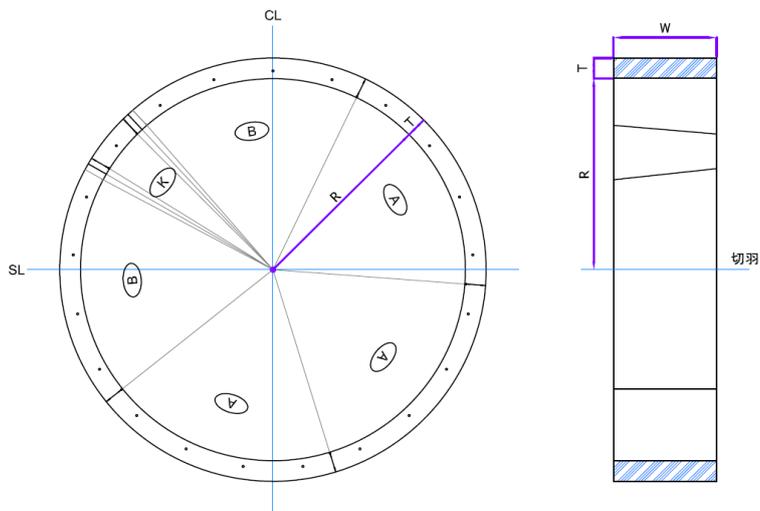


図 4.18 オブジェクト属性の関連図

### 3) 表示

トンネル区間モデルのオブジェクト属性は、トンネル区間モデルのオブジェクト形状を選択して表示する。

#### 4.3.7.6 外部リンク

外部リンクはない。

#### 4.3.7.7 モデル作成の手順

トンネル区間モデルの作成手順（例）を図 4.19 に示す。ただし、モデルの具体的な作成方法はソフトウェアに応じて異なるため、作成者にゆだねる。

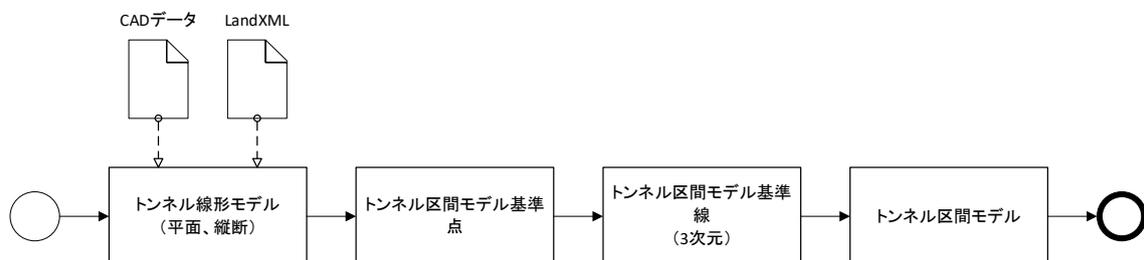


図 4.19 モデル作成手順

#### 4.4 施工段階における BIM/CIM モデルの作成

BIM/CIM モデルの利用想定 (4.2.2) および BIM/CIM モデルの要件 (4.2.4) に従い、施工段階における BIM/CIM モデルの作成方法を示す。

##### 4.4.1 モデルの目的

施工段階で作成する BIM/CIM モデルは、施工実績であるリングおよび K セグメントの位置等を確定し、維持管理段階に伝達することを主たる目的とする。セグメントは個々に表現せず、セグメントの種類およびその他の付随する情報を識別するトンネル区間として設定する。シールドトンネル技術情報 DB のうち、施工関連資料、しゅん工関連資料、工事記録、掘進管理データ、計測管理データと連携する。

##### 4.4.2 モデルの構成

施工段階の基本構成を図 4.20 に示す。図 4.20 に示す全体構成のうち、施工段階のモデ

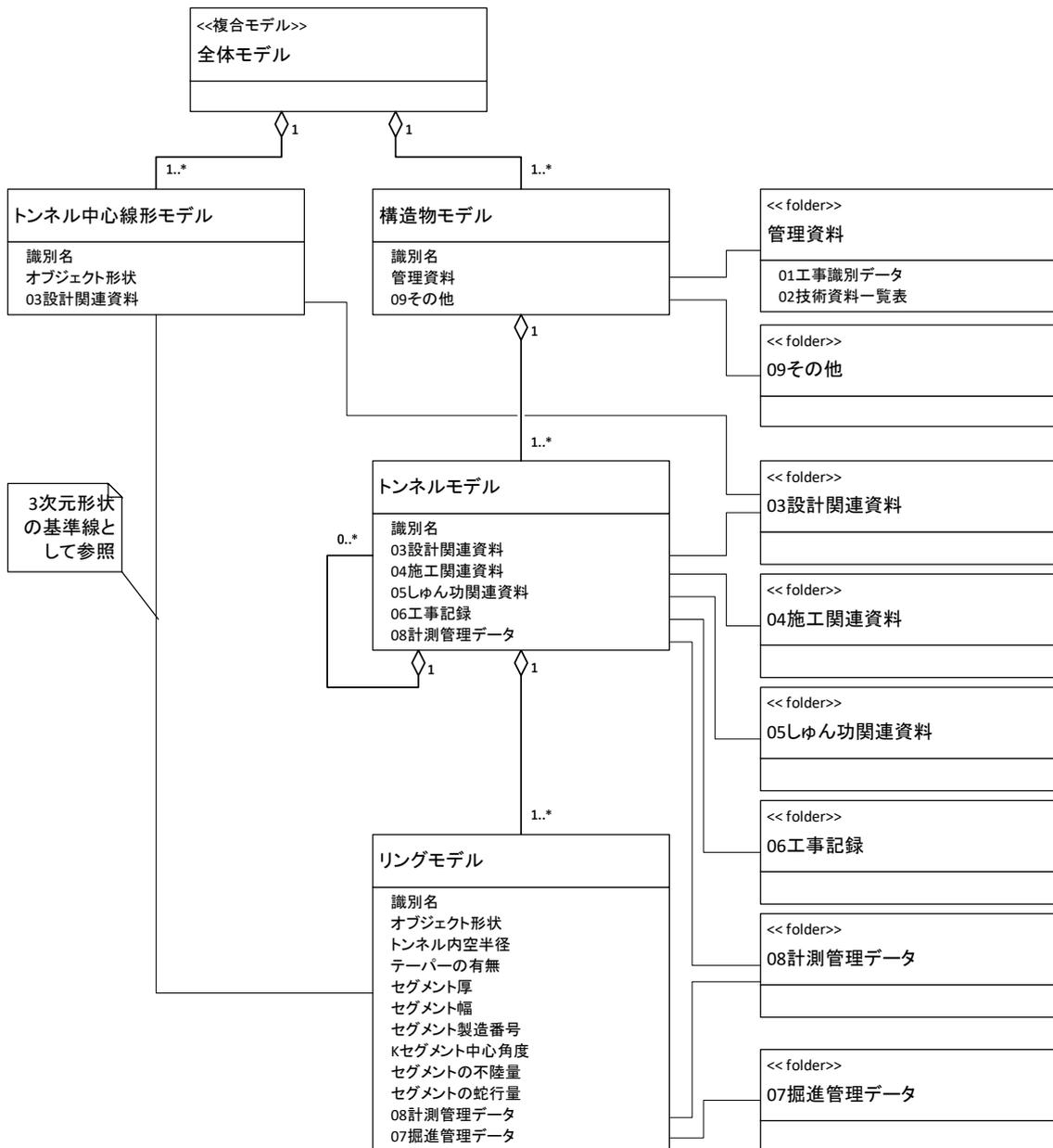


図 4.20 施工段階の基本構成

ルとして作成しなければならないモデルの構成を示している。図 4.20 の基本構成は、施工段階の完了時の構成を想定している。

各モデルのうち、明示的な形状を持つモデルはリングモデルおよびトンネル中心線形モデルである。リングモデルは、各セグメントリングの形状を表示するモデルである。リングモデルの上位にあるモデルは、リングモデルの形状を参照する。

全体モデルは、1以上のトンネル中心線形モデルおよび1以上の構造物モデルで構成す

る。構造物モデルは、1以上のトンネルモデルで構成する。トンネルモデルは1以上のリングモデルで構成する。トンネルモデルは、トンネルモデルを階層化できる。

トンネル中心線形モデルは、リングモデルの形状の基準線として参照する。

「トンネル中心線形モデル」にシールドトンネル技術情報DBのフォルダ「03 設計関連資料」を、「構造物モデル」に同フォルダ「管理資料」と「09 その他」を、「トンネルモデル」に同フォルダ「03 設計関連資料」、「04 施工関連資料」、「05 しゅん功関連資料」、「06 工事記録」、「08 計測管理データ」を、「リングモデル」に同フォルダ「07 掘進管理データ」、「08 計測管理データ」を、それぞれリンクする。

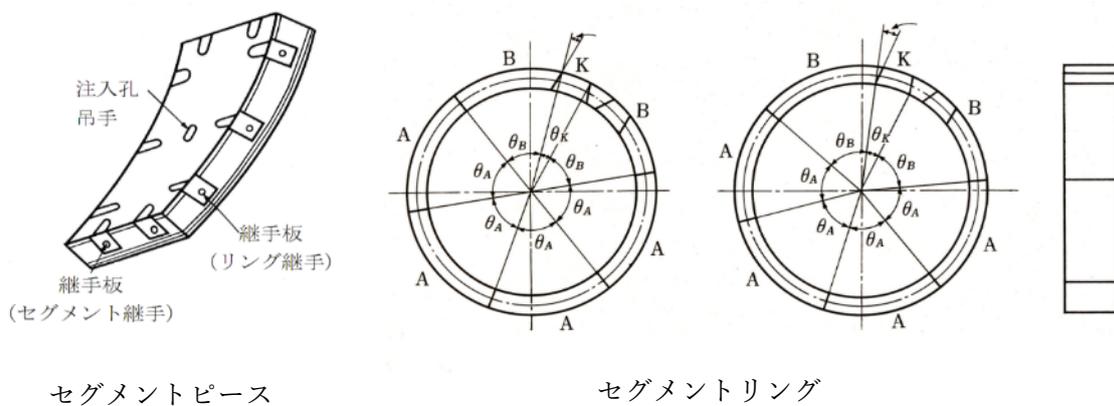
#### 4.4.3 モデルの定義：リングモデル

##### 4.4.3.1 原則

リングモデルの作成は、施工段階において必須とする。

##### 4.4.3.2 基本

シールドトンネルの覆工として使用されるセグメントは、分割された「セグメントピース」と、組立てられた「セグメントリング」の2種類の要素として表現できる（図 4.21）。セグメントピースとは、円環を形成する覆工体を分割した部材を表すものであり、分割の方法によって、たとえばA、B、Kなどのピースに分かれる。また、セグメントリングとは、A、BおよびKセグメントで構成される、一次覆工を形成するリングをいう。



セグメントピース

セグメントリング

図 4.21 セグメントピースとリング

シールドトンネルの設計段階、施工段階において、トンネル要素としての単位は、一般的にセグメントのリング数もしくはリング番号で管理される。これは、設計段階においては、トンネル横断方向のセグメントリングを対象として、土水圧に代表される作用に対しての構造安定性を確認すること（図 4.22）、またトンネル縦断方向には、セグメントリングを繋ぎ合わせた線形構造物として設計することを基本としているためである。

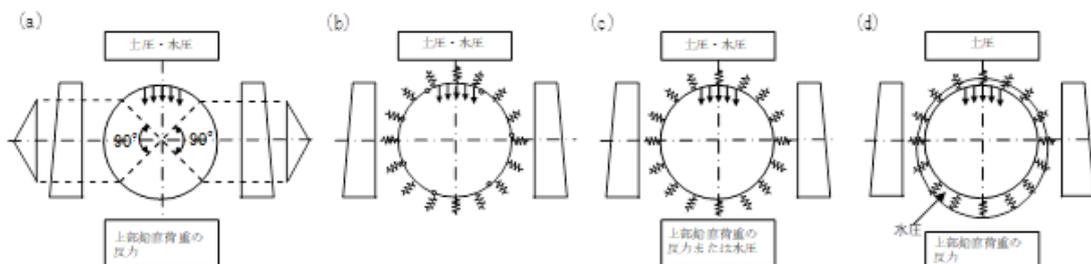


図 4.22 横断方向の断面力の計算に用いる荷重系（例）

また、施工段階においては、1リングのシールド掘進、セグメント組み立てを繰り返す施工サイクルとなるため、必然的に掘進管理は1リングが基本単位となる（図 4.23）。

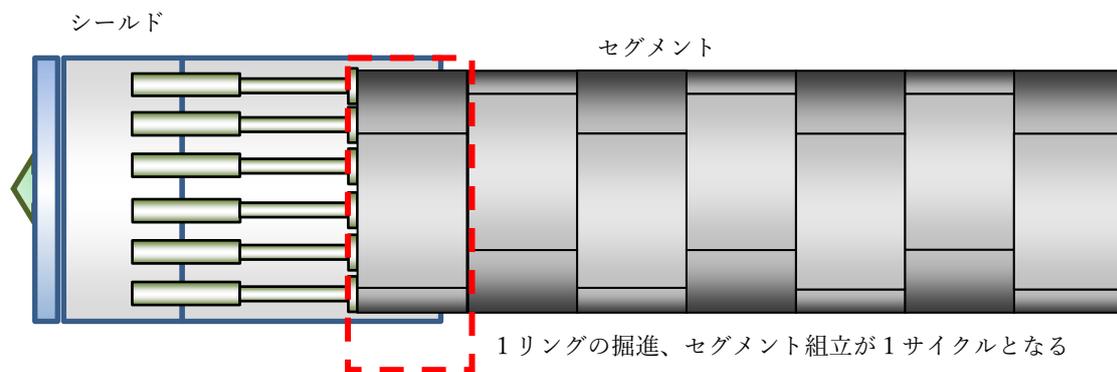


図 4.23 施工段階における1リングの単位

以上を踏まえて、シールドトンネルの BIM/CIM モデルの作成に関しても、セグメントリングの1リングをモデルの単位として使用することとした。

#### 4.4.3.3 モデルの構成

リングモデルは、トンネルモデルの下位のモデルとする。

#### 4.4.3.4 モデルの情報

リングモデルの構成を表 4.9 に示す。表中の外部リンクは、オブジェクト属性のうち、外部リンクとするものの有無を示している。

表 4.9 モデル情報

モデル	オブジェクト形状	オブジェクト属性	外部リンク
トンネル区間モデル	○	○	○

#### 4.4.3.5 オブジェクト形状

リングモデルのオブジェクト形状は、各セグメントリングをトンネル区間モデル基準線に沿って配置した円筒形の 3 次元幾何形状とする。

図 4.24 にリングモデルのオブジェクト形状の作成例を示す。

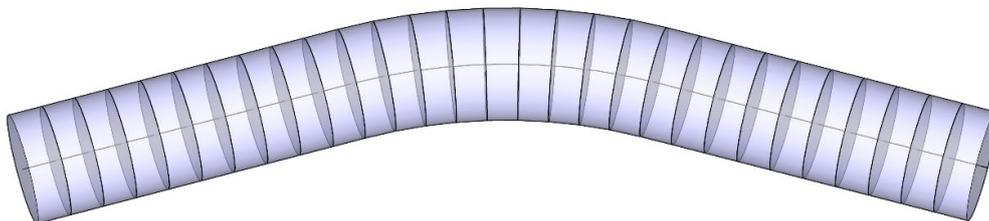


図 4.24 オブジェクト形状の作成例（リングモデル）

#### 4.4.3.6 オブジェクト属性

##### 1) 原則

オブジェクト属性は、モデル内のオブジェクトの特性を表す情報をいう。オブジェクト属性は、オブジェクトに付随する。ただし、フォルダやファイルなど外部リンクとする場合もある。オブジェクト属性の要件を次のとおりとする。

- オブジェクト形状をもたないモデルであっても、オブジェクト属性を表示できると。

- オブジェクト属性が外部リンクの場合、リンク切れ等がないように適切に処理すること。
- オブジェクト属性の名称は規定のとおりとすること。英語名の場合は（ ）内の名称を用いること。

## 2) 種類

### ① 識別名 (Name)

識別名は、リングモデルを識別する名称とする。リングモデルの識別は、リング番号を用いる。リング番号は、発進立坑側からの順序とする。

### ② トンネル内空半径 (TunnelInnerRaduis)

トンネル内空半径は、リングモデルとする範囲のトンネル内空の半径 (図 4.25 の R) とする。トンネル内空半径の単位は、単位は、ミリメートルとする。

### ③ テーパーの有無 (IsTaperd)

テーパの有無とする。テーパー有りの場合「True」、テーパーなしの場合「False」とする。

### ④ セグメント厚 (SegmentThickness)

セグメント厚は、リングモデルとする範囲のセグメントの厚さ (図 4.25 の T) とする。セグメント厚の単位は、単位は、ミリメートルとする。

### ⑤ セグメント幅 (SegmentWidth)

セグメント幅は、リングモデルとする範囲のセグメントの幅 (図 4.25 の W) とする。セグメント幅の単位は、ミリメートルとする。テーパーセグメントの場合は、セグメント中心線上の幅とする。

### ⑥ セグメント製造番号 (SegmentID)

セグメント製造番号は、リングモデル内に含まれるすべてのセグメントの製造番号とする。セグメント製造番号は、Kセグメントを1番目とするリストとし、切羽に向かって時計回りで示す。

### ⑦ Kセグメント中心角度 (AngleOfKSegmentCenter)

Kセグメント中心角度は、リングモデル内に含まれるKセグメントの位置とする。Kセグメントの位置は、リングの天端からKセグメントの中心までの角度 (図 4.26 の A) とす

る。角度は、切羽に向かって時計回りを「+」、反時計回りを「-」とする。K セグメント中心角度の単位は、ラジアンとする。

⑧ リングの不陸量 (VerticalDisplacement)

リングの不陸量は、計画線形を基準としリングの切羽側端部における誤差とする。不陸量は、リングの上下方向の誤差 (図 4.26 の U) で、切羽に向かって上方向を「+」、下方向を「-」とする。不陸量の単位は、ミリメートルとする。

⑨ リングの蛇行量 (HorizontalDisplacement)

リングの蛇行量は、計画線形を基準としリングの切羽側端部における誤差とする。蛇行量は、リングの左右方向の誤差 (図 4.26 の M) で、切羽に向かって右方向を「+」、左方向を「-」とする。蛇行量の単位は、ミリメートルとする。

⑩ 07 掘進管理データ (SDB\_ExcavationData)

掘進管理データは、シールドトンネル技術情報の対象となる資料で、日々の掘進管理から得られるデータをいう。

⑪ 08 計測管理データ (SDB\_MeasurementData)

計測管理データは、シールドトンネル技術情報の対象となる資料で、特別に計測断面を設けて実施するセグメント計測や地表面変位計測等のデータをいう。

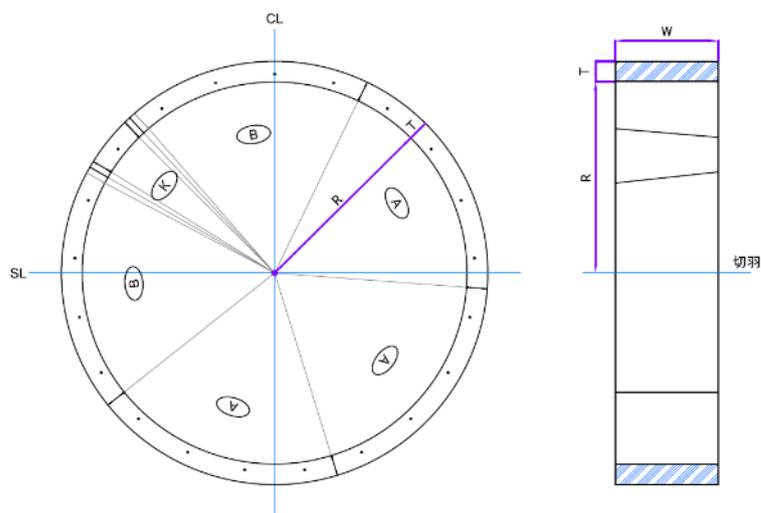


図 4.25 オブジェクト属性の関連図 (1)

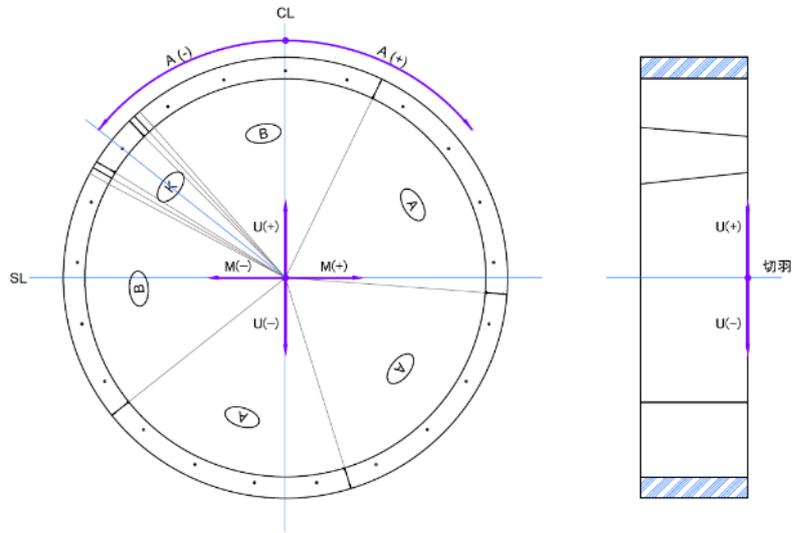


図 4.26 オブジェクト属性の関連図 (2)

### 3) 表示

リングモデルのオブジェクト属性は、リングモデルのオブジェクト形状を選択して表示する。

#### 4.4.3.7 外部リンク

オブジェクト属性のうち、以下は外部リンクとする。外部リンクは、当該オブジェクト情報を格納したフォルダのパスとする。

- 計測管理データ

#### 4.4.3.8 モデル作成の手順

リングモデルの作成手順 (例) を図 4.27 に示す。作成手順の例は、モデル等の作成の具体的な方法は指定せず、作成者にゆだねるものとする。

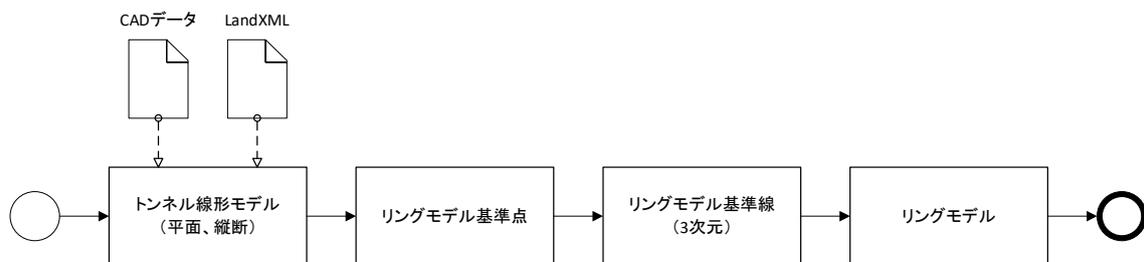


図 4.27 モデル作成手順

#### 4.5 設計段階と施工段階のモデルの連携

設計段階の BIM/CIM モデルと施工段階の BIM/CIM モデルは、連携させることを基本とする。設計段階の BIM/CIM モデル(図 4.10)に施工段階の BIM/CIM モデル(図 4.20)を追加し、図 4.28 に示すように連携する。設計段階の BIM/CIM モデルに、施工段階の BIM/CIM モデルのリングモデルを追加する。この時、構造物モデルおよびトンネルモデルの情報は、必要に応じて修正する。

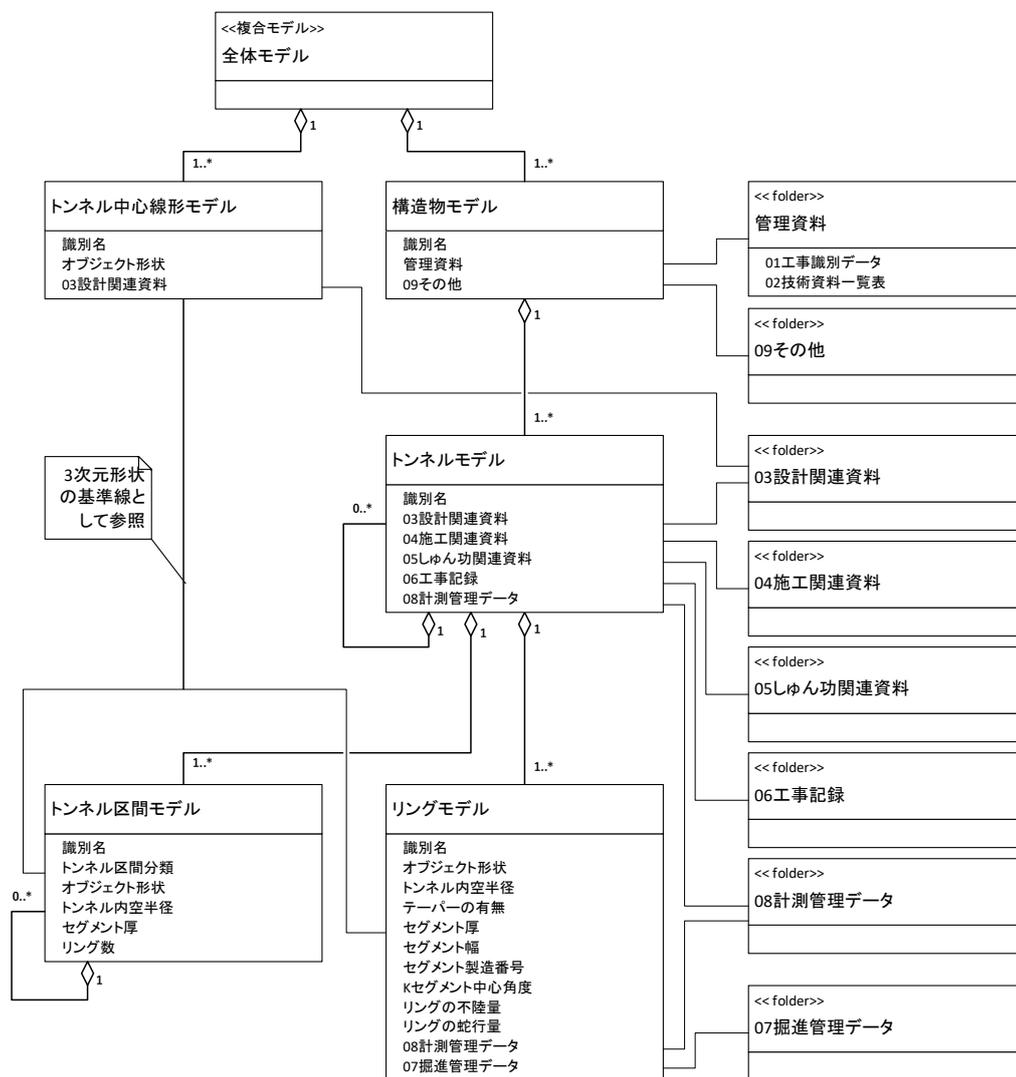


図 4.28 モデルの連携

## 4.6 BIM/CIM モデルの標準化

シールドトンネルの BIM/CIM モデルの利用に際して、ソフトウェアに依存しないデータモデルを用いたデータ連携および保存を検討する。本小委員会では、トンネル中心線形モデルを Land-XML または IFC、トンネルモデルを IFC で表現することを検討する。(図 4.29)

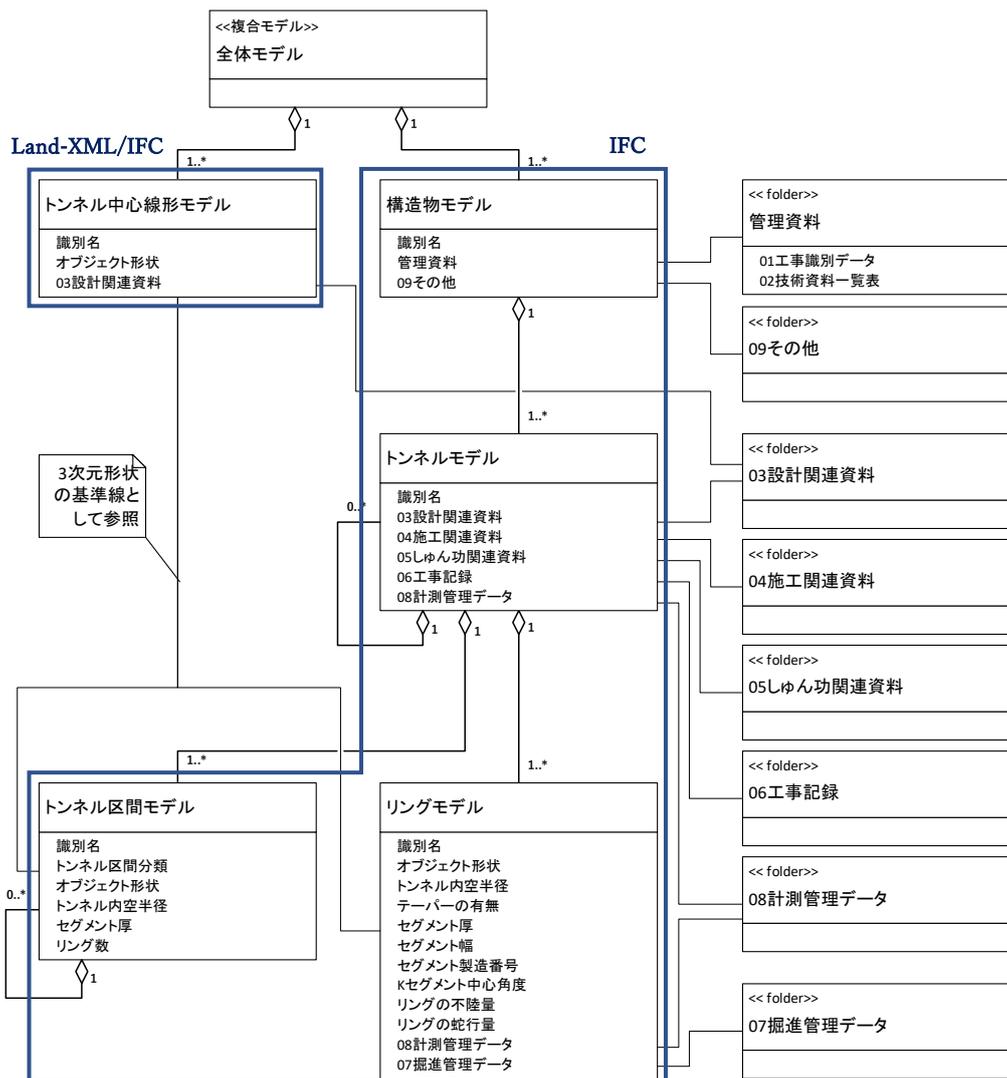


図 4.29 モデルの標準化

### 4.6.1 トンネル中心線形モデルへの Land-XML の適用

LandXML とは、「土木・測量業界におけるオープンなデータ交換フォーマット」として 2000 年 1 月に米国にて提起された XML データフォーマットで、当初の開発運営組織は完

全公開型のコンソーシアム“LandXML.org”であった（41 か国、対応ソフトウェア 70 種）。その後 LandXML.org は活動を停止したが Open Geospatial Consortium (OGC) に引き継がれ、現在は bSI における社会基盤のプロダクトモデルの標準化を行う OpenINFRA プロジェクトと協調し、継続してサポートされている<sup>2)</sup>。

トンネル中心線形モデルの Land-XML の適用においては、「LandXML1.2 に準じた 3 次元設計データ交換標準（案）ver1.3<sup>3)</sup>」を参照して行うものとする。

シールドトンネルを構成するトンネル中心線形モデルは、2 次元の平面線形および縦断線形から、3 次元の線形を作成する。以下に、「LandXML1.2 に準じた 3 次元設計データ交換標準（案）ver1.3」より平面線形および縦断線形の要件を抜粋して示す。

#### 4.6.1.1 平面線形

平面線形の全体構成は、図 4.30 に示すとおりとする。

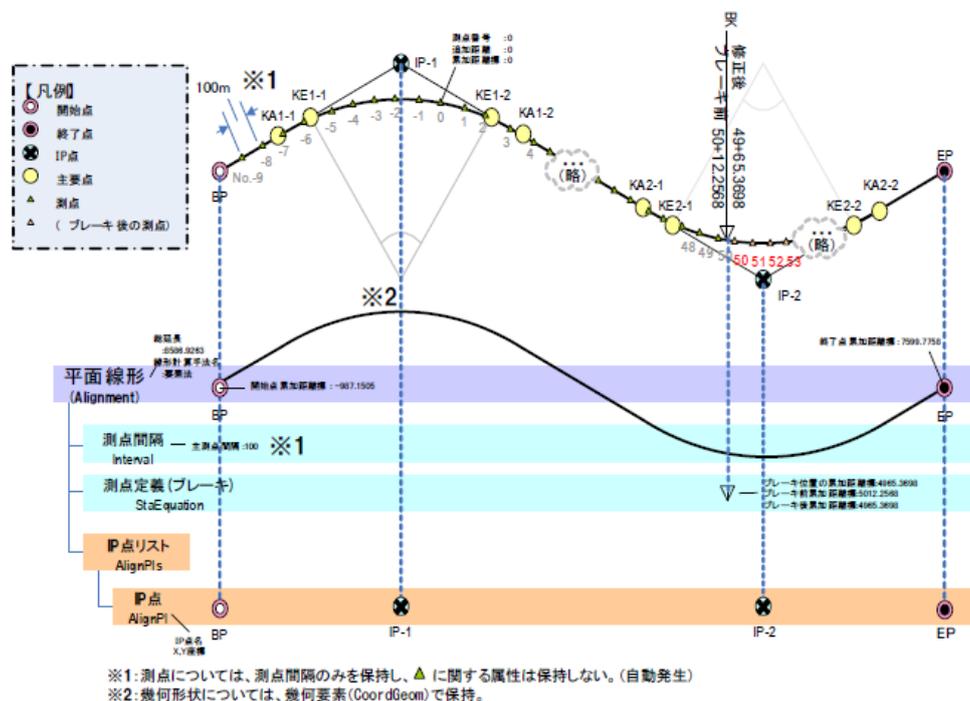


図 4.30 平面線形の記述

平面線形に関する要件を以下に示す。

- 平面線形上の点は、設計始点（測点番号がゼロの点）からの水平距離を表した累加距離標で、相対的位置を表現する。なお、相対的位置を表す方法としては

測点も広く用いられているが、累加距離標より算出が可能であること、途中でブレーキが入ると測点番号が重複する場合もあることから、本書では測点を基準とはしない。

- 平面線形は、開始点（線形の始点の累加距離標を保持する。
- 設計始点は、自由な位置で定義できるものとする。つまり、平面線形はマイナス測点番号からの開始もあり得る。上記に伴い、累加距離標もマイナスからの開始があり得る。
- 測点は線形から計算で求められるため、測点1つ1つのデータは保持せず、測点の計算に必要な測点間隔のデータを保持する。Feature要素を追加)
- 測点を「測点番号+追加距離」で表現する場合は、開始点の累加距離標、開始点からの距離（幾何要素の延長）、測点間隔、副測点間隔より求める。
- 設計の途中段階で線形の延長が変化した場合でも、測点番号に影響を与えないように、ブレーキの設置が可能である。ブレーキ設置後の測点番号を求めるため、ブレーキ位置を特定するための累加距離標とブレーキ前後の測点番号を保持する。ブレーキ位置におけるブレーキ前後の測点は、累加距離標に変換した値とする。
- 累加距離標は、河口からを基点として堤防全体で規定すると値が大きくなることから、平面線形ごとに始点を定義することもあり得る。
- IP点についても、持つことは可能（省略可）である。なお、ソフトウェアが読み込む際には、点列は並び順とする。
- 河川堤防の距離標は、河川中心線（河心線）で管理している距離標からの垂線と、堤防法線の交点に設置されるが、本書では設計、工事に広く用いられる累加距離標を、平面線形開始点からの相対的な位置の基準として用いる。計算で算出ができる測点座標は必須としていないが、一般的な線形計算書における中間点座標計算結果としての測点座標も必要に応じて交換できるように、座標点（CgPoint）要素を用いて中間点を持つことができる。現在可能な中心線形の3次元モデル化の手法を示す。LandXMLの線形モデルおよびIFCの線形モデルについて示す。また、線形計算結果に基づくモデル化（コンバート）の概念を示す。

#### 4.6.1.2 幾何要素

平面線形の幾何要素は、図 4.31 に示すとおりとする。

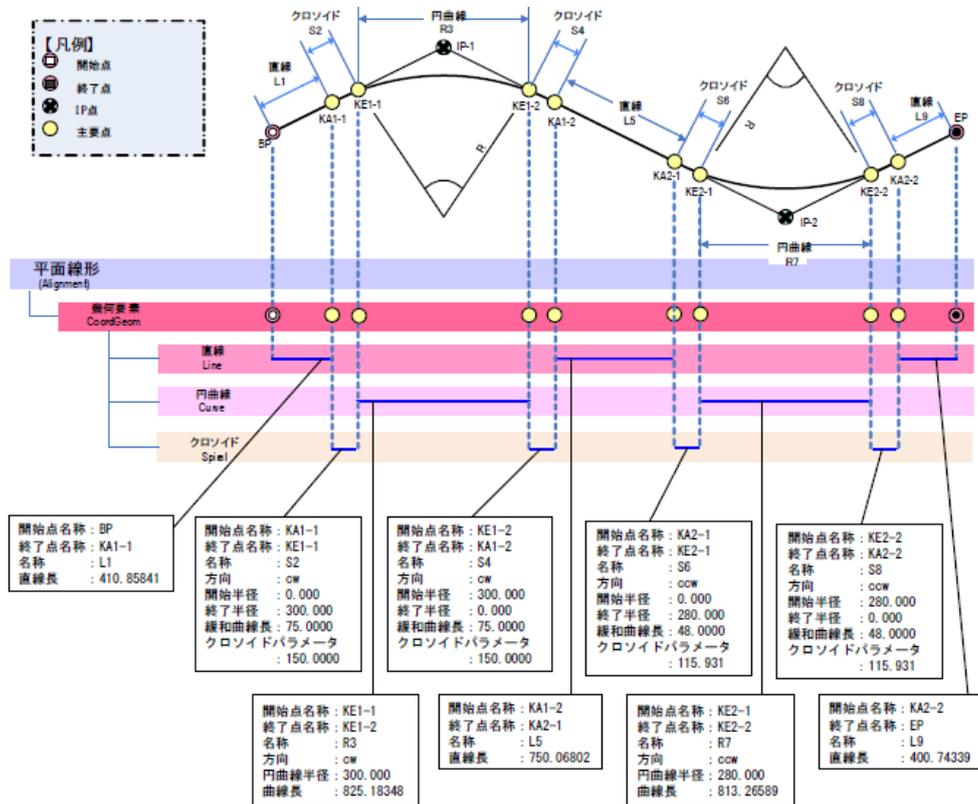


図 4.31 幾何要素の記述

平面線形の幾何要素の要件を以下に示す。

- 幾何形状は、幾何要素（直線、緩和曲線、円曲線）の並びで表現し、隣り合う幾何要素の終了点と開始点を結合するものとする。
- 主要点（幾何要素ごとの接続点）は、幾何要素の開始点、終了点で定義される。

#### 4.6.1.3 縦断線形

縦断線形は、図 4.32 に示すとおりとする。

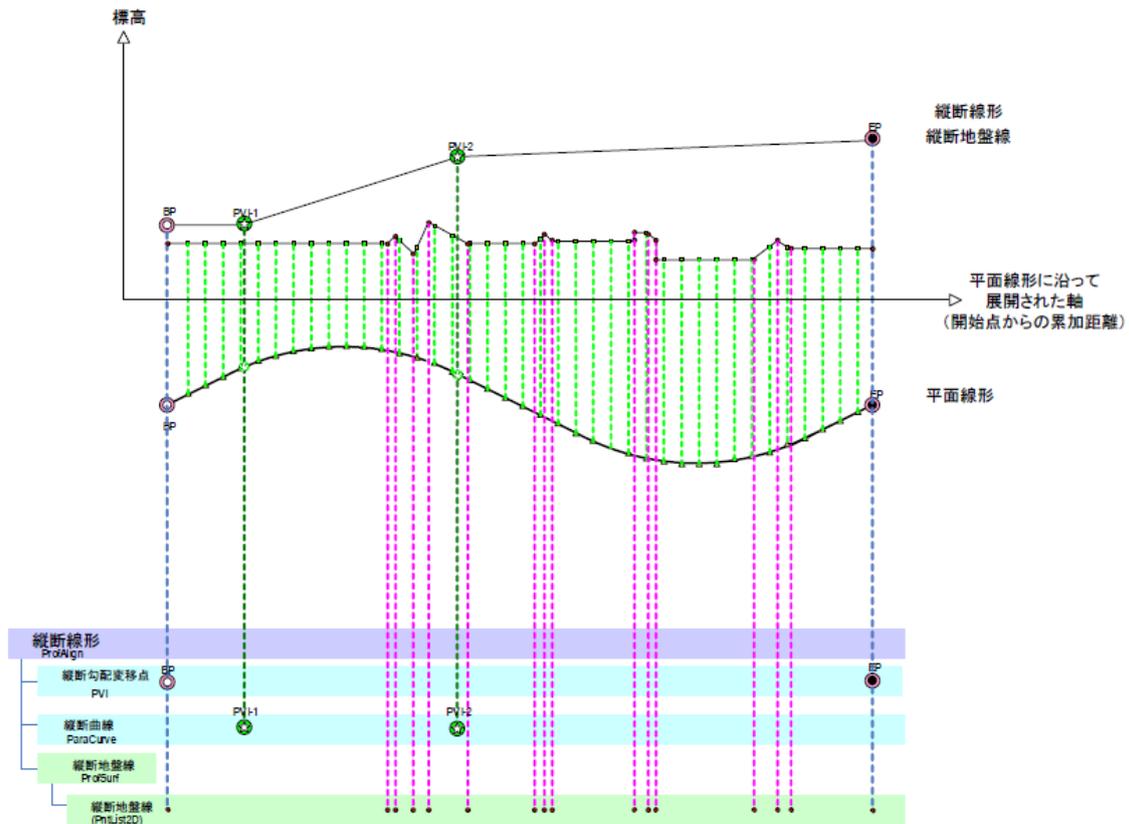


図 4.32 平面線形と縦断線形の対応

縦断線形の要件を以下に示す。

- 平面線形から xy 座標が、縦断線形から標高や計画堤防高 (z 座標) がそれぞれ求められる。
- 「縦断勾配変移点」は、平面線形開始点からの相対的な位置を表す累加距離標 (必須) のデータを入力することで平面線形との関係を保持する。
- →縦断図は平面線形に沿って展開された道路断面や堤防断面と定義されることから、縦断線形の累加距離標は平面線形と同一でなければならない。→中心線形や堤防法線の主要点である「縦断勾配変移点」に平面線形の累加距離標がデータとしてあるので、中間点の標高は計算によって求めることができる。
- 縦断地盤線は、縦断地盤構成点から構成され、標高が変化する測点ごとに、道路地盤高や、現況堤防高もしくは堤内地盤高の標高を入力する。

#### 4.6.2 構造物モデル等への IFC2x3 の適用案

シールドトンネルの BIM/CIM モデルに対する IFC の適用案を示す。ここでは、IFC2x3<sup>4)</sup> を適用する場合を示す。

#### 4.6.2.1 設計段階のモデル

設計段階のモデルへの IFC2x3 の適用案を図 4.33 に示す。IFC2x3 では、線形を表現することができない。そのため、IFC2x3 を用いる場合は、構造物モデル、トンネルモデル、トンネル区間モデルが対象となる。設計段階のモデルでは、構造物モデルとトンネルモデルに「IfcBuilding」を適用し、トンネル区間モデルに「IfcBuildingElementProxy」を適用する。構造物モデルとトンネルモデルは同じ「IfcBuilding」となるが、これらは構造化していることを明示的に表すため、構造物モデルを表す「IfcBuilding」は「CompositionType 属性」を「Complex」とし、トンネルモデルを表す「IfcBuilding」は「CompositionType 属性」を「Element」とする。トンネル区間モデルを表す「IfcBuildingElementProxy」は、線形に沿って連続したオブジェクト形状を表すために用いる。なお、トンネル区間モデルを階層化する場合 2 階層までとし、上位の「IfcBuildingElementProxy」の「CompositionType 属性」を「Element」、下位の「IfcBuildingStorey」の「CompositionType 属性」を「Partial」とする。

オブジェクト属性は次のとおり適用する。

- 識別名は、「IfcBuilding」の「LongName 属性」および「IfcBuildingElementProxy」の「Name 属性」を用いる。
- 識別名以外のオブジェクト属性は図 4.33 に示すように PropertySet とする。
- シールド技術情報 DB に格納する情報は、「PropertySet」を用いてフォルダパスを示す。
- トンネル区間モデルの形状は、「IfcBuildingElementProxy」の「Representation 属性」を用いる。

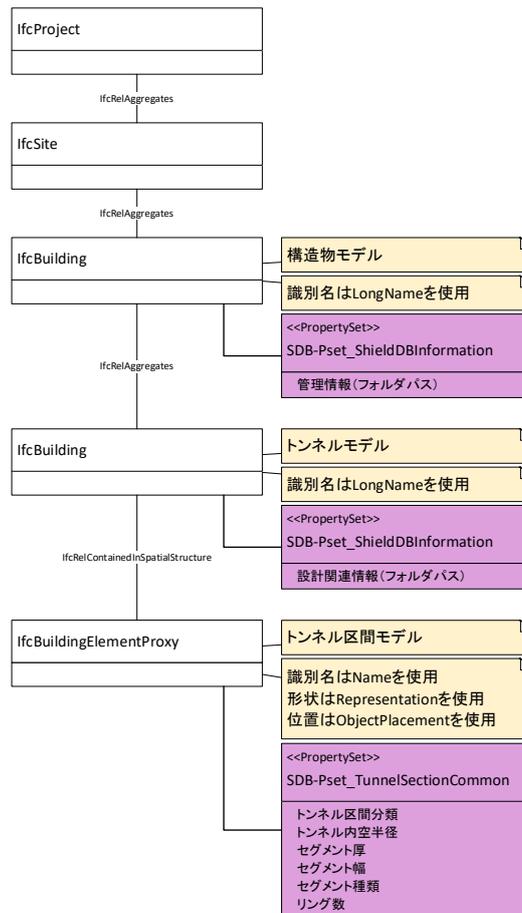


図 4.33 設計段階のモデルへの IFC 適用例

#### 4.6.2.2 施工段階のモデル

施工段階のモデルへの IFC2x3 の適用案を図 4.34 に示す。IFC2x3 では、線形を表現することができない。そのため、IFC2x3 を用いる場合は、構造物モデル、トンネルモデル、リングモデルが対象となる。施工段階のモデルでは、構造物モデルとトンネルモデルに「IfcBuilding」を適用し、リングモデルに「IfcBuildingElementProxy」を適用する。構造物モデルとトンネルモデルは同じ「IfcBuilding」となるが、これらは構造化していることを明示的に表すため、構造物モデルを表す「IfcBuilding」は「CompositionType 属性」を「Complex」とし、トンネルモデルを表す「IfcBuilding」は「CompositionType 属性」を「Element」とする。リングモデルを表す「IfcBuildingElementProxy」は、リングのオブジェクト形状を表すために用いる。なお、リングモデルは階層化しない。

オブジェクト属性は次のとおり適用する。

- 識別名は、「IfcBuilding」の「LongName 属性」および「IfcBuildingElementProxy」の「Name 属性」を用いる。
- 識別名以外のオブジェクト属性は図 4.34 に示すように PropertySet とする。
- シールド技術情報 DB に格納する情報は、「PropertySet」を用いる。
- リングモデルの形状は、「IfcBuildingElementProxy」の「Representation 属性」を用いる。

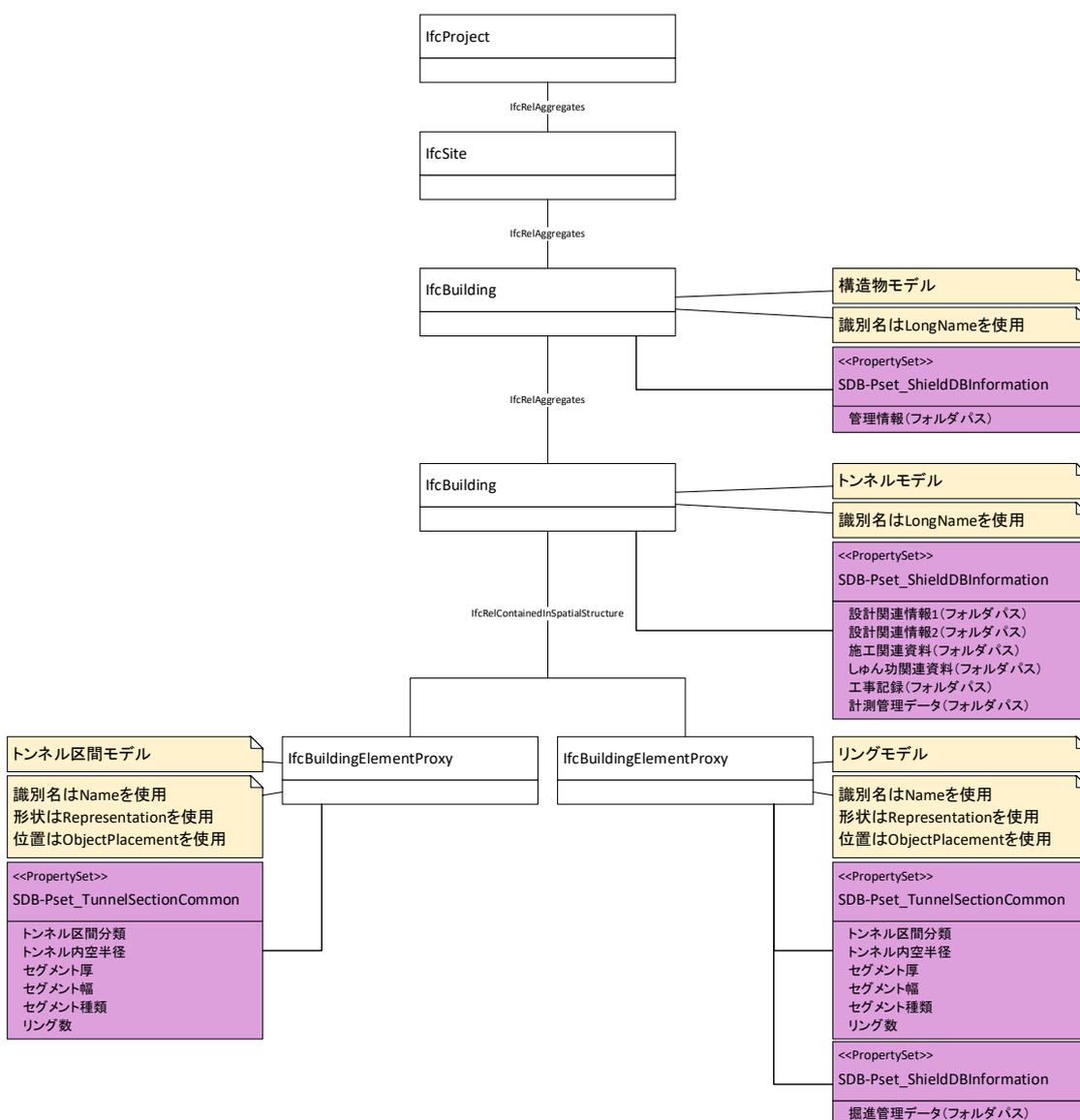


図 4.34 施工段階のモデルへの IFC 適用例

### 4.6.3 トンネル中心線形モデルへの IFC4.1 の適用案

IFC4.1<sup>5)</sup>は、IFC4.0 をベースに線形を拡張したバージョンである。IFC4.1 ではトンネル中心線形モデルを IFC で表現することが可能になる。しかし、現時点で IFC4.1 に対応しているソフトウェアはないものの、IFC4.1 の構成と要素を示すこととする。

#### 4.6.3.1 IFC-Alignment の構成

IFC-Alignment の構成を図 4.35 に示す。

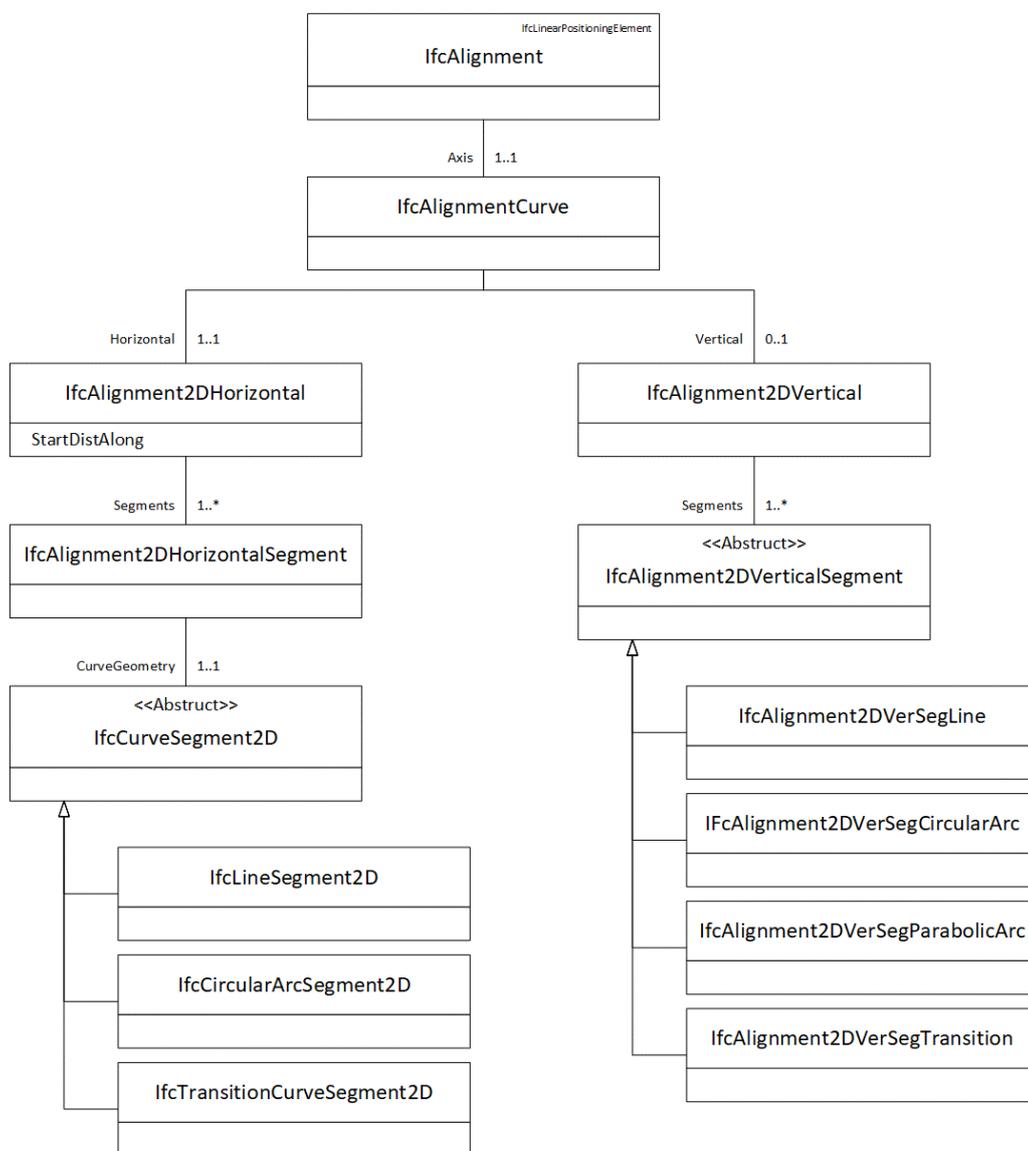


図 4.35 IFC-Alignment の構成

Ifc-Alignment は、Land-XML と同様、2次元の平面線形と縦断線形で構成している。IfcAlignment は、線形に沿ってオブジェクトを配置する場合の基準としての利用が現在想定されている。

#### 4.6.3.2 要素の説明

##### 1) IfcAlignment

IfcAlignment は、主に線形に沿って築造される構造物（道路、鉄道、橋など）の要素を配置するための参照システムとして使用する。線形には次のものがある。

- 座標系の XY 平面で定義する平面線形
- 平面設計に沿って X 座標空間に定義する縦断線形（平面線形に付随する）
- 一定または可変のオフセットで別の線形として定義した相対線形
- 平面線形および縦断線形から計算するか、地理空間データから抽出した 3次元線形

##### 2) IfcAlignmentCurve

IfcAlignmentCurve は、2次元平面曲線のパスに沿って定義した 2次元縦断曲線に基づいて 3次元曲線を表現する。

##### 3) IfcAlignment2DHorizontal

IfcAlignment2DHorizontal は、水平の XY 平面に投影した線形を表す。平面線形に沿ったポイントには、ローカル座標値 X および Y がある。

##### 4) IfcAlignment2DVertical

IfcAlignment2DVertical は、平面線形に沿った縦断線形を表す。縦断に沿ったポイントには 2つの座標値、平面線形に沿った距離および Z 方向の高さである。

##### 5) IfcAlignment2DHorizontalSegment

IfcAlignment2DHorizontal に沿った個々のセグメントで、XY 座標空間で定義する。平面線形のセグメントには、関連する曲線ジオメトリ（直線、曲線、緩和曲線）がある。

セグメントごとに、次の情報がある。

- 開始点（XY 座標）

- 開始方向（ラジアンまたは度、ローカル X（東）を 0 として反時計回りに増加）
- セグメント幅
- 曲線および緩和曲線のパラメータ

以下の情報を計算できる（不整合を回避するために明示的に交換しない）

- 終点（開始点、方向、セグメント幅、曲線パラメータより）
- 開始距離（前のセグメントの終了距離から、または平面線形の開始距離から（最初のセグメントの場合））
- 終了距離（開始距離とセグメント幅から）
- 終了方向（曲線パラメータ、開始方向、セグメント幅から）
- 交点（開始方向と終了方向から）

次のチェックにより、正しい交換を検証できる。

- 連続性：前のセグメントで計算した終点は、対象セグメントの始点と一致するか
- 接線連続性：前のセグメントで計算した終了方向は、対象セグメントの開始方向と一致するか

## 6) IfcAlignment2DVerticalSegment

IfcAlignment2DVertical に沿った個々のセグメントで、距離および Z 座標空間で定義する。縦断線形のセグメントには垂直セグメントタイプ（線分、円弧、放物線）がある。

セグメントごとに、次の情報がある。

- 開始（距離および高さ）
- 開始勾配（比率測定：水平を 0、上りを正、下りを負で表す）通常  $1 < n < -1$ （100%  $< n < -100\%$ 、または、 $45^\circ < n < -45^\circ$  など）
- セグメントの水平面投影幅（セグメント幅ではなく、その水平面投影幅）
- 円弧および放物線セグメントに必要なパラメータ

以下の情報を計算できる（不整合を回避するために明示的に交換しない）

- 終了距離（距離とセグメント幅から）
- 終了高さ（開始距離、勾配、セグメント幅および曲線パラメータから）
- 終了方向（開始方向、セグメント幅および曲線パラメータから）
- 垂直方向の交点（開始方向と終了方向から）

次のチェックを行って、正しい交換を検証できる。

- 連続性：前のセグメントに沿って計算した終了距離は、対象セグメントの開始距離と一致するか
- 接線連続性：前のセグメントで計算した終了勾配は、対象セグメント開始勾配と一致するか

## 7) IfcLineSegment2D

線分セグメントは、継承された開始点、開始距離、およびセグメント長のパラメータを使用して定義する。

## 8) IfcCircularArcSegment2D

円弧セグメントは、継承された開始点を円弧の始点として使用し、開始方向を始点の接線として使用し、セグメント長を円弧の長さとする。

## 9) IfcTransitionCurveSegment2D

IfcTransitionCurveSegment2D は、直線と円弧（またはその逆）の間を遷移する曲線である。

## 10) IfcAlignment2DVerSegLine

縦断の直線セグメントは、IfcAlignment2DVerticalSegment から継承された属性を使用して線として定義する。

## 11) IfcAlignment2DVerSegCircularArc

縦断の円弧セグメントは、IfcAlignment2DVerticalSegment から継承された属性を使用して円弧として定義する。曲線パラメータ「Radius」は円弧の半径として、IsConvex は円弧がサグ（凹面、増加する勾配）またはクレスト（凸面、減少する勾配）を定義する。

## 12) IfcAlignment2DVerSegParabolicArc

縦断の放物線セグメントは、IfcAlignment2DVerticalSegment から継承された属性を使用して放物線として定義する。曲線パラメータ「ParabolaConstant」は頂点の放物線の最小半径として、IsConvex は放物線がサグまたはクレストを定義する。

### 13) IfcAlignment2DVerSegTransition

IfcAlignment2DVerSegTransition は、IfcAlignment2DVerticalSegment から継承された属性を使用する 2D 緩和曲線である。

#### 4.6.3.3 設計段階のモデル

設計段階のモデルへの IFC4.1 の適用案を図 4.36 に示す。IFC4.1 は線形の表現が可能なバージョンである。IFC4.1 を用いる場合は、トンネル中心線形モデル、構造物モデル、トンネルモデル、トンネル区間モデルとなる。

トンネル中心線形モデルは、「IfcAlignment」を適用する。「IfcAlignment」は、オブジェクト形状の配置の基準として用いる。トンネル区間モデルは、「IfcBuildingStorey」の「ObjectPlacement 属性」から「IfcLinearPlacement 属性」で、オブジェクト形状の位置を指定することができる。

設計段階のモデルでは、構造物モデルとトンネルモデルに「IfcBuilding」を適用し、トンネル区間モデルに「IfcBuildingStorey」を適用する。これらの適用、オブジェクト属性の適用は IFC2x3 と同様である。

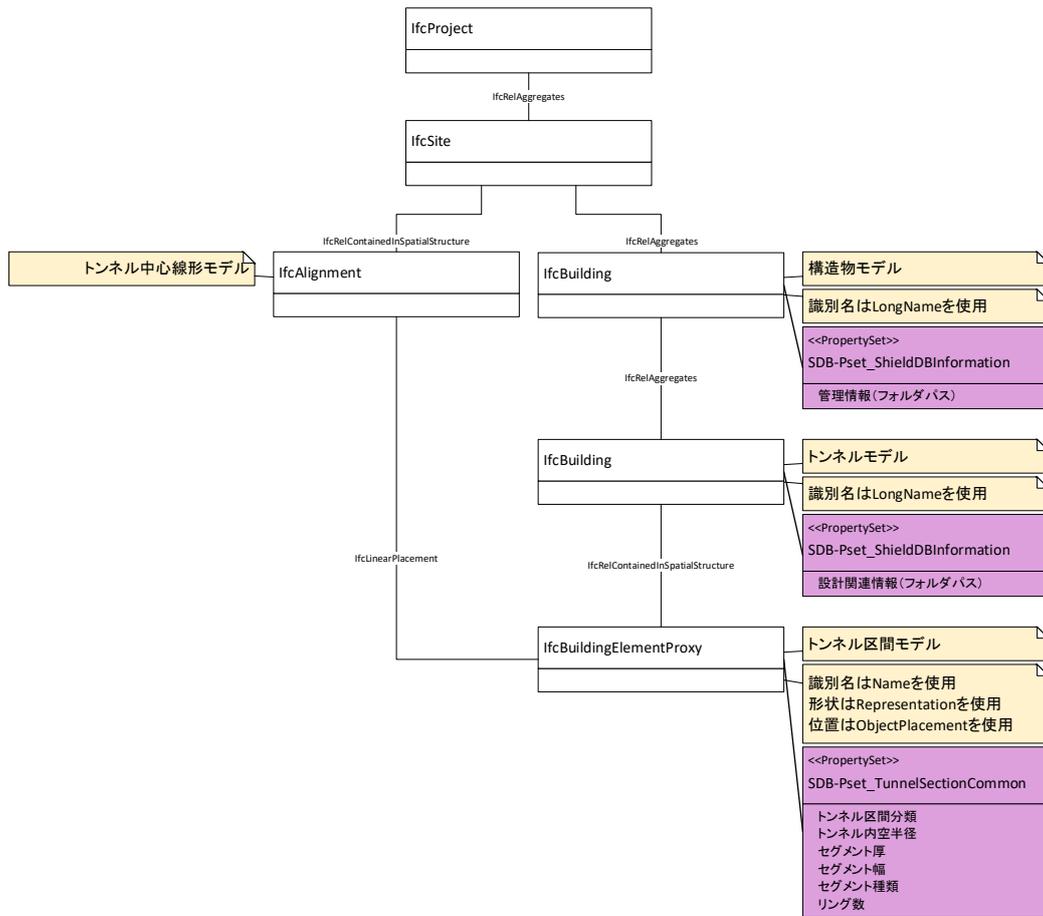


図 4.36 設計段階のモデルへの IFC 適用例

#### 4.6.3.4 施工段階のモデル

施工段階のモデルへの IFC4.1 の適用案を図 4.37 に示す。IFC4.1 を用いる場合は、トンネル中心線形モデル、構造物モデル、トンネルモデル、リングモデルとなる。トンネル中心線形モデルは、「IfcAlignment」を適用する。「IfcAlignment」は、オブジェクト形状の配置の基準として用いる。リングモデルは、「IfcBuildingStorey」の「ObjectPlacement 属性」から「IfcLinearPlacement 属性」で、オブジェクト形状の位置を指定することができる。

施工段階のモデルでは、構造物モデルとトンネルモデルに「IfcBuilding」を適用し、リングモデルに「IfcBuildingStorey」を適用する。これらの適用、オブジェクト属性の適用は IFC2x3 と同様である。

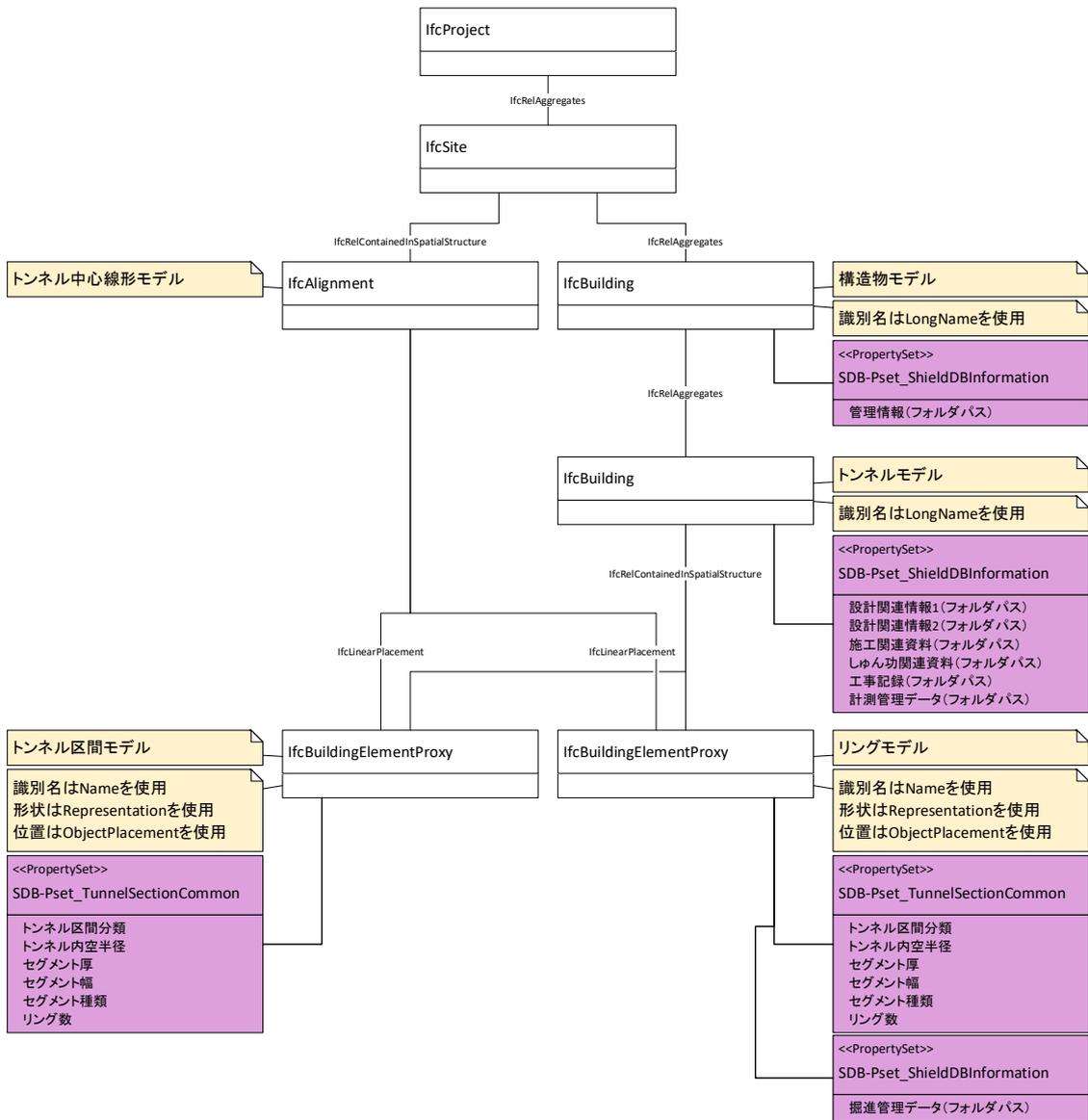


図 4.37 施工段階のモデルへの IFC 適用例

## 4.7 セグメントモデルの作成の試行

### 4.7.1 概要

本小委員会の検討では、図 4.38 に示すようなセグメントのモデルの作成は必須ではないとした。これは以下の理由による。

- ① 設計段階の BIM/CIM モデルにセグメントのモデルを作成し、セグメントの割付までをモデル化した場合、施工段階での変更が多く、設計段階にかかる負担のわりに施工段階の作業軽減にはつながらない。
- ② 維持管理を想定した場合、セグメント割付は施工時の実績に基づいて作成されていればよく、情報としてリング、セグメント種類、Kセグメントの位置、Kセグメントから順番にセグメント製造番号がわかればよい。

しかし、維持管理段階においてセグメント割付の情報は有用であることは自明である。セグメントモデルとしては、従来、2次元の図面で作成していた、「セグメント割付図」、「セグメント構造図」、「継ぎ手詳細図」、「配筋図」などの情報を BIM/CIM モデルとして反映させることが理想である。

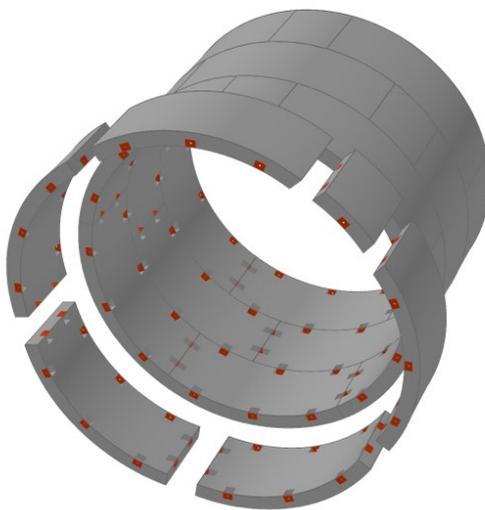


図 4.38 セグメントリングの BIM/CIM モデル

現在、手作業でセグメントモデルを作成しなければならないという理由からセグメントモデルの作成は積極的に行われていない。一方、近い将来、セグメントモデルをセグメント

割付のとおりに自動的に配置することは十分想定できる。セグメントモデルの自動的な配置は、付属資料 A3.3 の事例 1 および事例 3 においてその基本的な考え方はすでに実現している。セグメントの自動的な配置には、個々のセグメントモデル自体を作成する必要がある、本小委員会においてどの段階でだれが作成するかを議論した。その結果、施工段階のセグメント製造時に、セグメントメーカーにセグメントのモデル作成を委託する案が示された。これに基づいて、セグメントメーカーに対して「セグメントモデル作成に関する調査」および「セグメントモデルの作成試行」を実施した。

#### 4.7.2 セグメントモデル作成に関する調査

シールドトンネルにおける BIM/CIM モデル作成に関して、主要部材であるセグメントについてメーカーの対応可能性についての調査を実施した。以下にアンケートの実施内容および結果を示す。

##### 4.7.2.1 アンケートの実施対象

国内のシールドトンネルで使用されるセグメントは、RC セグメント、鋼製セグメントおよび合成セグメントの 3 種類が主流である。これらのセグメントは、ほとんどがそれぞれのメーカーで製図、製造から貯蔵・運搬までの一連を請け負っている。よって、これら 3 種類のセグメントを製作しているメーカーをアンケートの対象とした。

- 製図：製作要領書、構造図、継手詳細図、配筋図
- 製造：材料、製作方法、検査

アンケートは国内のセグメントメーカーのうち、主要メーカー 4 社を対象に実施した。国内のセグメントのメーカーは「日本シールドセグメント技術協会」に加盟しており、協会は会員 12 社、賛助会員 5 社で構成されている。その中で、セグメント種別、製造実績などを勘案して偏りのないように 4 社を選定している。

##### 4.7.2.2 アンケートの内容

アンケートは CAD を用いた製図に関して 4 項目で、それぞれ 2 次元 CAD と 3 次元 CAD の対応の可否について実施した。また、対応については、自社での対応の可否と費用負担について条件分けを行い、回答を得た。入力項目を表 4.10 に示す。

表 4.10 アンケート入力項目

対応の可否	自社で対応可	自社で対応可	自社で対応不可 (外注)	自社で対応不可 (外注)	自社で対応不可
条件	セグメント製作費の中で対応	別途費用を請求	セグメント製作費の中で対応	別途費用を請求	費用請求しても対応できない
セグメント構造図					
2次元 CAD					
3次元 CAD					
セグメント継手詳細図					
2次元 CAD					
3次元 CAD					
セグメント配筋図					
2次元 CAD					
3次元 CAD					
セグメント割付図					
2次元 CAD					
3次元 CAD					

#### 4.7.2.3 アンケートの結果整理

図 4.39 にセグメント構造図、図 4.40 にセグメント継手詳細図、図 4.41 にセグメント配筋図のアンケート集計結果を示す。いずれも、2次元 CAD は4社すべてにおいてセグメント製作費の中で対応が可能との結果となった。3次元 CAD については、3社が自社で対応可能であるが別途費用が必要で、1社が別途費用を請求しても対応ができないとの回答となった。なお、対応できない回答の1社についても、備考で「現状では」との記載があり、限定的な判断で将来的には対応が可能となると推測できる。

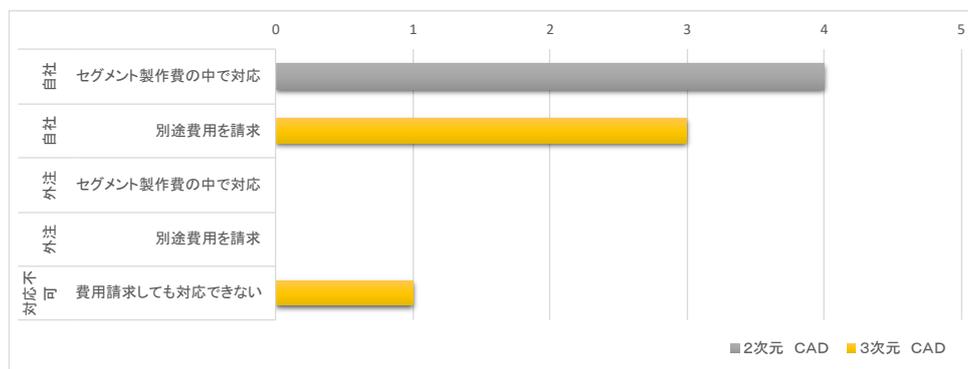


図 4.39 セグメント構造図

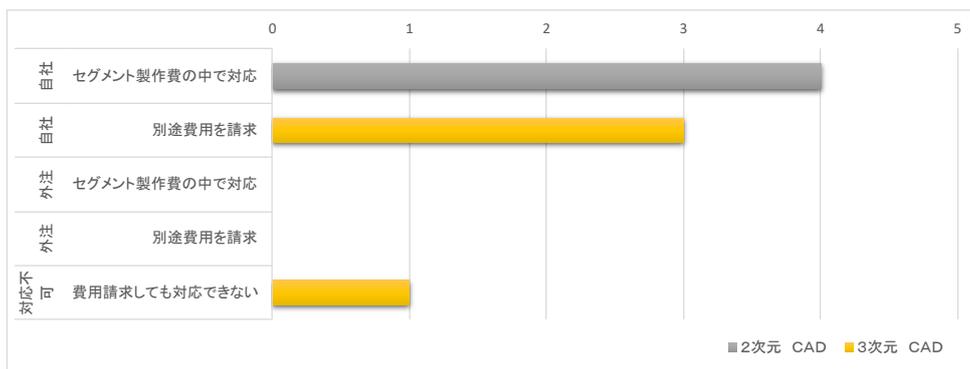


図 4.40 セグメント継ぎ手詳細図

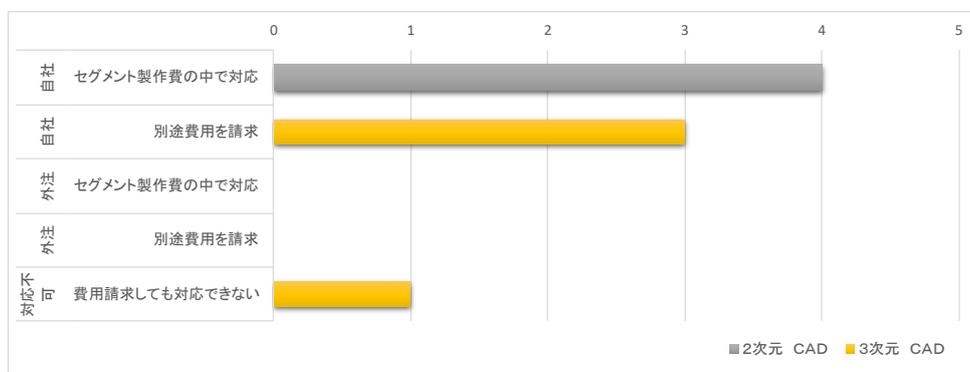


図 4.41 セグメント配筋図

図 4.42 にセグメント割付図のアンケート集計結果を示す。セグメント割付図については、線形の確認と曲線部のテーパ量の調整などを施工計画の段階で決定する場合も多く、すべての工事でセグメントメーカー側があらかじめ作成するものではない。このため、2次元CAD、3次元CADともに意見が分かれる結果となった。2次元CADは2社でセグメント製作費の中で対応が可能との回答であるが、1社が自社で対応可能であるが別途費用が必要で、1社が別途費用を請求しても対応ができないとの回答となった。一方で、3次元CADについては、2社が自社で対応可能であるが別途費用が必要で、2社が別途費用を請求しても対応ができないとの回答となった。

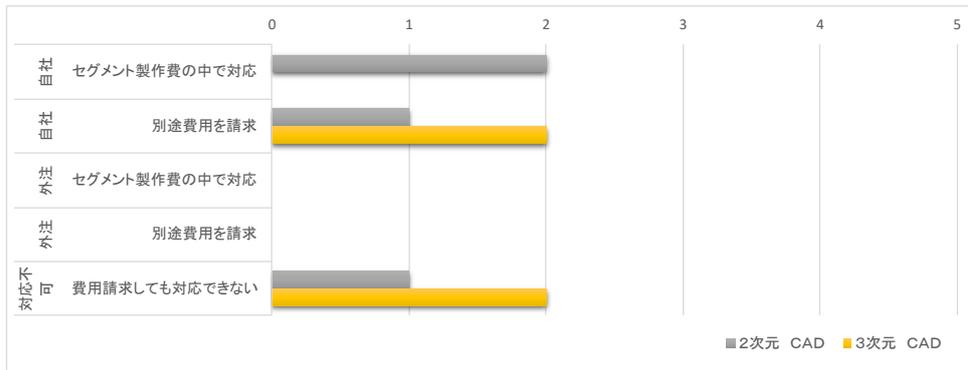


図 4.42 セグメント割付図

#### 4.7.2.4 アンケート結果のまとめ

シールドトンネルの3次元 CIM モデル作成については、主要部材であるセグメントの3次元 CAD の製図が不可欠になる。また、将来的な BIM/CIM の活用を視野に入れると構造詳細についても、あらかじめモデル化しておくことが望ましい。

今回の調査は、セグメントメーカーの対応可能性についてアンケート形式で実施し、費用負担の課題はあるものの2次元 CAD、3次元 CAD ともにおおむね、対応可能であることがわかった。また、対応に関する回答が分かれたセグメント割付図については、施工計画段階で元請け企業が作成することが多いため、モデル化に障害となるものではないと判断される。

#### 4.7.3 セグメントモデルの作成試行

セグメントの3Dモデルをセグメントメーカーで試作して、工期、コストおよび現状における課題などを把握した。

モデルは鉄道の単線断面の RC セグメントをサンプルとして、詳細度は詳細設計レベルの LOD400 とした。作成モデルは A ピース単体とし、詳細レベルは以下のとおりとした。

- ・セグメントピース本体形状（シール溝も表現）・継手詳細・鉄筋詳細

CAD ソフトはセグメントメーカーが通常使用している AutoCAD2018 (AUTODESK 社) を用いた。(図 4.43 は AutoCAD から fbx 形式で出力したものを 3ds Max で読み込みレンダリングを行ったものである)

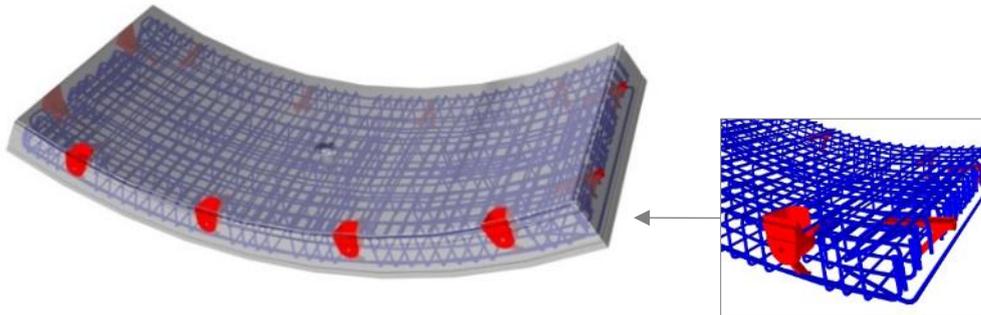


図 4.43 セグメント 3D モデル

セグメントモデルの作成にかかるコストは、1 リングを構成する K セグメント (1 モデル)、A セグメント (1 モデル) および B セグメント (1 モデル) で、約 120 万円であった。試作作業により、セグメントメーカーにおいて以下の課題が判明した。

- 継手が鋳物であり不定形の曲面で構成されており、セグメントメーカーにも詳細寸法データがないためモデリングに時間を要した。
- 配筋の干渉部の調整などにおいて時間を要した。

#### 4.7.4 結論

セグメントモデルの作成について、以下の結論を得た。

- セグメントモデルの作成に関する調査の結果、費用負担は必要であるものの、セグメントモデルの作成はおおむね対応できる。
- セグメントモデルの作成は可能であるが、継手などの不定形曲面のモデル作成、鉄筋の干渉部の調整には時間を要する。

#### 4.8 照査時チェックシート

「CIM 事業における成果品作成の手引き (案)」に準じて、照査時チェックシートを作成した。照査時チェックシートは、表 3.23 に示す CIM モデル照査時チェックシートに加えて、表 4.11 に示すシールド技術情報 DB に関する項目を追加する。なお、チェックリスト 3 は、「シールド技術情報 DB と BIM/CIM モデルのデータ連携ガイドライン」に示してい

る。表 4.11 のチェックリスト 4 には、照査結果の説明も記入するものとする。

表 4.11 照査時チェックシート（追加）

チェックリスト 4：BIM/CIM モデル作成の整合性のチェック

項目	内容	照査対象	照査結果
(1) 段階	(1.1) 設計段階のモデルとして作成したか。		
	(1.2) 施工段階のモデルとして作成したか。		
(2) モデル構成	(2.1) 全体モデルは作成したか。		
	(2.2) トンネル中心線形モデルは作成したか。		
	(2.3) 構造物モデルは作成したか。		
	(2.4) トンネルモデルは作成したか。		
	(2.5) トンネル区間モデルは作成したか。		
	(2.6) リングモデルは作成したか。		
(3) モデルの階層化	(3.1) 全体モデルと構造物モデルは階層化しているか。		
	(3.2) 全体モデルとトンネル中心線形モデルは階層化しているか。		
	(3.3) 構造物モデルとトンネルモデルは階層化しているか。		
	(3.4) トンネルモデルとトンネル区間モデルは階層化しているか。		
	(3.5) トンネルモデルとリングモデルは階層化しているか。		
	(3.6) 構造物モデルは階層化しているか。		
	(3.7) トンネルモデルは階層化しているか。		
	(3.8) トンネル区間モデルは階層化しているか。		
(4) オブジェクト形状	(4.1) トンネル中心線形モデルのオブジェクト形状を作成したか。		
	(4.2) トンネル区間モデルのオブジェクト形状を作成したか。		
	(4.3) リングモデルのオブジェクト形状を作成したか。		
(5) オブジェクト属性	(5.1) 全体モデルのオブジェクト属性を作成したか。		
	(5.2) 構造物モデルのオブジェクト属性を作成したか。		

	たか。		
	(5.3) トンネルモデルのオブジェクト属性を作成したか。		
	(5.4) トンネル区間モデルのオブジェクト属性を作成したか。		
	(5.5) リングモデルのオブジェクト属性を作成したか。		
(6) 外部リンク	(6.1) 構造物モデルの外部リンクを作成したか。		
	(6.2) トンネルモデルの外部リンクを作成したか。		
	(6.3) リングモデルの外部リンクを作成したか。		

凡例 照査対象 ○：対象 ー：非対象 照査結果

照査結果 ○：内容をすべて満たしている

△：内容を一部満たしている

×：内容を満たしていない。

#### チェックリスト 4：各項目の説明

上記チェックリスト 4 の内容に ( ) で示す番号を「内容番号」に記入し、該当する内容の詳細な説明を「説明」に記入すること。

内容番号	説明

#### 4.9 シールドトンネルの BIM/CIM モデル作成ガイドラインの作成

本章で示したシールドトンネルの BIM/CIM モデルの作成手法を示すことを目的とする、「シールドトンネルの BIM/CIM モデル作成ガイドライン」を作成した。「シールドトンネルの BIM/CIM モデル作成ガイドライン」は、「シールドトンネル技術情報 DB と BIM/CIM モデルのデータ連携ガイドライン」(3.7 参照)のプロセスマップに示す BIM/CIM モデルの作成について、具体的な BIM/CIM モデルの作成方法を示すものである。

「シールドトンネルの BIM/CIM モデル作成ガイドライン」の校正を附属資料 A.1 ガイドライン概要に示す。

#### 4.10 まとめ

本章では、シールドトンネルの BIM/CIM モデルの作成手法の開発について検討した。BIM/CIM モデルの作成は、特定のソフトウェアに依存しないものとし、モデル作成の基本的な考え方を示した。設計段階および施工段階における BIM/CIM モデルの作成の目的を明確にし、オブジェクト形状およびオブジェクト属性の適用を定めた。BIM/CIM モデルの標準化としてトンネル中心線形モデルを Land-XML で表現すること、構造物モデルを IFC で表現することを示した。ただし、IFC の適用について、本報告書で示したシールドトンネルの構成に対応したソフトウェアが必要である。セグメントモデルの作成の試行を行いセグメントモデル作成の実現性について検討した。この結果得られたシールドトンネルのデータ連携に関する事項を以下にまとめる。

- ① 設計段階で作成する BIM/CIM モデルは、シールドトンネルの線形を確定し、施工段階に伝達させることを主たる目的とする。
- ② 施工段階で作成する BIM/CIM モデルは、施工実績であるリングおよび K セグメントの位置を確定し、維持管理段階に伝達することを主たる目的とする。
- ③ トンネル中心線形モデルの標準化は Land-XML 形式を用いて対応する。
- ④ シールドトンネルに関する BIM/CIM モデル（トンネル中心線形モデルを除く）は、IFC で対応する。加えて、IFC4.1 を用いることで、トンネル中心線形モデルを IFC で表現できる可能性がある。
- ⑤ セグメントモデルの作成の試行を行い、セグメントメーカーに委託することで詳細なモデルを作成できる可能性がある。

#### 4.11 参考文献

- 1) 矢野信太郎：シールド工法、鹿島研究会出版会、昭和 40 年。
- 2) 堀井裕信：これからの道路 3 次元設計データ交換の提案、一般社団法人 OCF、  
<[http://www.ocf.or.jp/img/seminar2015/S3\\_LandXML.pdf](http://www.ocf.or.jp/img/seminar2015/S3_LandXML.pdf)>、(入手 2020.6.30)。
- 3) 国土交通省国土技術政策総合研究所：LandXML1.2 に準じた 3 次元設計データ交換標準(案) Ver1.3、平成 31 年 3 月。
- 4) buildingSMART International : IFC2x Edition3 Technical Corrigendum1 ,  
<<https://standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC2x3/TC1/HTML/>> ,

(accessed2020.6.30)

- 5) buildingSMART International : Industry Foundation Classes Version 4.1.0.0 ,  
<[https://standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC4\\_1/FINAL/HTML/](https://standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC4_1/FINAL/HTML/)> ,  
(accessed2020.6.30)

## 第5章 おわりに

### 5.1 結論

本小委員会では、シールドトンネルデータ連携標準化として、シールド技術情報 DB と BIM/CIM モデルの連携について検討した。本報告書では第 2 章においてシールド技術情報 DB と BIM/CIM モデルの動向を調査し、第 3 章でシールド技術情報 DB と BIM/CIM モデルの連携について検討した。これらに基づいて第 4 章でシールドトンネルの BIM/CIM モデルの作成方法を示した。以下に、各章の結論をまとめる。

第 2 章では、シールド技術情報 DB および BIM/CIM モデルの現状把握として、シールドトンネル技術情報 DB の概要、国土交通省の動向および bSI の動向を示した。これらを検討した結果、以下の結論を得た。

- シールド技術情報 DB は、事業者、設計者、施工者、研究者がシールドトンネル技術に関する情報を共有し、シールドトンネル構築技術へのフィードバックと維持、トンネルのライフサイクル全体を俯瞰した個別技術の開発、効率的な維持管理業務への活用、それらを通じたトンネルの耐久性の向上と建設・維持管理コストの低減を目的としている。
- シールド技術情報 DB に関するデータの取得に際して、契約時に事業者が特記仕様書等でその意志を施工者に示すとともに、事業者、設計者、施工者が連携してその任にあたるのが重要である。
- 契約時に事業者が特記仕様書等でその意思を施工者に示し、業務中に実行する際の手法として、「段階モデル確認書」作成マニュアル【試行版】(案)が有効となる可能性がある。
- bSI のトンネルプロジェクトの対象範囲には、日本で一般的にトンネルタイプとして用いる山岳トンネル (bSI では Conventional)、シールドトンネル (bSI では Mechanical)、開削トンネル (bSI では Cut & Cover) が含まれている。しかし、シールドトンネルを含めて、BIM/CIM モデルおよびデータ構造等に関する具体的な提案はされていない。

第 3 章では、シールド技術情報 DB に保存する情報を整理し、シールドトンネルの設計および施工に際して作成、保存すべき資料を示し、BIM/CIM モデルとの連携の基礎的な考

え方を検討した。これらを検討した結果、以下の結論を得た。

- シールド技術情報 DB に保存する情報は、設計段階で作成する情報があり、これを施工段階における設計変更の初期条件として用いることを想定した、データ連携を示した。
- シールドトンネルに関するプロセスを整理し、シールド技術情報 DB に保存する情報がどの段階で作成するかを示した。
- シールドトンネルに関するプロセスとシールド技術情報 DB の連携に基づいて、BIM/CIM モデルとの連携の基礎的な考え方を示した。
- シールド技術情報 DB に保存する情報の取り扱い方針を示した。情報の取り扱いに際しては、「個人情報の保護に関する法律」およびその他の法令・規範を遵守すべきこと、技術情報の提供により、個人が特定できる可能性あるいは個人の生命・資産を侵害する可能性があるとして提供者が判断した場合には、利用者への提供を停止することとしている。

第4章では、BIM/CIM モデルの作成は、特定のソフトウェアに依存しないものとし、モデル作成の基本的な考え方を示し、設計段階および施工段階における BIM/CIM モデルの作成の目的を明確にし、オブジェクト形状およびオブジェクト属性の適用を検討した。これらを検討した結果、以下の結論を得た。

- 設計段階で作成する BIM/CIM モデルは、シールドトンネルの線形を確定し、施工段階に伝達させることを主たる目的とする。
- 施工段階で作成する BIM/CIM モデルは、施工実績であるリングおよび K セグメントの位置を確定し、維持管理段階に伝達することを主たる目的とする。
- トンネル中心線形モデルの標準化は Land-XML 形式を用いて対応する。
- シールドトンネルに関する BIM/CIM モデル（トンネル中心線形モデルを除く）は、IFC で対応する。加えて、IFC4.1 を用いることで、トンネル中心線形モデルを IFC で表現できる可能性がある。
- セグメントモデルの作成の試行を行い、セグメントメーカーに委託することで詳細なモデルを作成できる可能性がある。

以上の検討より、本小委員会で目標としたシールドトンネルのデータ連携標準化として、シールド技術情報 DB と BIM/CIM モデルの連携、BIM/CIM モデルの作成方法について、

ガイドラインをまとめた。

本小委員会で提案する BIM/CIM モデルは、維持管理に必要な情報を運ぶ情報コンテナと位置づけ、設計段階と施工段階において必要不可欠なデータの連携を行うものとしてまとめたものである。BIM/CIM モデルを有効に活用するためには、適切な情報の付与は欠かせないが、「適切」とは過不足がないことを意味している。そのためには、プロジェクト開始段階において発注者と受注者が十分協議し、維持管理段階を見据えた現実的で実用的な計画が必要である。シールド技術情報 DB の検討において、特記仕様書の作成まで言及していることは BIM/CIM モデルの有効活用においても有用である。

現在は多くの BIM/CIM モデルを人手に頼って作成しているため、近い将来、情報量が飛躍的に増大すると、限界がくるという懸念もある。本小委員会でも BIM/CIM モデルの自動作成についてたびたび議論してきた。設計段階でトンネル中心線形を設定し、施工段階でリングと K セグメント位置の実績を示すことにより、セグメント割付を自動作成する研究も行われていることから、シールドトンネルの BIM/CIM モデルの自動作成が、近い将来実現することを期待する。

## 5.2 課題

本小委員会では、シールドトンネルのデータ連携標準化について検討し、今後の課題となる知見も得た。

- 現状では、シールドトンネルの BIM/CIM モデルを作成する専用の 3 次元 CAD はなく、土木系、建築系あるいは機械系の 3 次元 CAD を複数使用する必要があること、データの保存形式が、各ソフトウェアのオリジナル形式であること、このため、データ連携が煩雑であることがわかった。今後は、BIM/CIM モデルを Land-XML や IFC などの統一的なデータ形式で記述することが望まれる。
- 3 次元 CAD などで作成した BIM/CIM モデルを、Land-XML や IFC などのデータ形式に書き出すためには、BIM/CIM モデルが適切に作成されなければならない。そのため、シールドトンネルを作成できる機能を搭載した 3 次元 CAD 等の開発が望まれる。

## 附属資料

### A.1 ガイドライン概要

#### A1.1 シールド技術情報 DB と BIM/CIM モデルのデータ連携ガイドライン

##### A1.1.1 目的

ガイドラインは、シールドトンネルの BIM/CIM モデルの作成方法を示すことを目的とする。

##### A1.1.2 目次

ガイドラインの目次構成を以下に示す。

第 1 章 はじめに.....	3
1.1 目的.....	3
1.2 適用範囲.....	3
1.3 参照基準類.....	3
1.4 用語の定義.....	4
第 2 章 基本的な考え方.....	5
2.1 概要.....	5
2.2 BIM/CIM モデルの構成.....	5
2.3 設計段階のモデルの構成.....	8
2.4 施工段階のモデルの構成.....	9
2.5 オブジェクト形状.....	12
2.6 オブジェクト属性.....	14
第 3 章 BIM/CIM モデルの作成.....	20
3.1 モデル作成の基本.....	20
3.2 トンネル中心線形モデル.....	22
3.3 トンネル区間モデル.....	23
3.4 リングモデル.....	25
3.5 トンネルモデル.....	26
3.6 構造物モデル.....	27
3.7 全体モデル.....	29
3.8 フォルダ構成.....	30
第 4 章 照査時チェックシート.....	32

第 5 章（参考） BIM/CIM モデルの作成試行 .....	35
5.1 作成試行の対象とする BIM/CIM モデル .....	35
5.2 Trimble SketchUp を用いた作成例 .....	38
5.3 Autodesk Inventor を用いた作成例 .....	43

## A1.2 シールドトンネルの BIM/CIM モデル作成ガイドライン

### A1.2.1 目的

本ガイドラインは、シールド技術情報 DB に保存する情報を作成するため、シールドトンネルに関する一連の業務における作成段階および作成者をプロセスとして明示することを目的とする。

### A1.2.2 目次

ガイドラインの目次構成を以下に示す。

第 1 章 総則 .....	1
1.1 目的 .....	1
1.2 適用範囲 .....	1
1.3 準拠基準類 .....	1
1.4 用語の定義 .....	2
第 2 章 プロセスの作成方法 .....	3
2.1 概要 .....	3
2.2 プロセスの作成方法 .....	3
第 3 章 プロセスの作成例 .....	7
3.1 概要 .....	7
3.2 全体プロセス .....	7
3.3 BIM/CIM モデル作成プロセス .....	11
第 4 章 情報交換要件の対象とする情報の作成 .....	16
4.1 特記仕様書 .....	16
4.2 BIM/CIM モデル .....	16
4.3 シールド技術情報 DB .....	17
4.4 提出方法 .....	20
4.5 シールド技術情報 DB の公開 .....	21
第 5 章 照査時チェックシート .....	23

## A.2 BIM/CIM モデルの詳細度

### A2.1 概要

本小委員会では、社会基盤情報標準化委員会 特別委員会が作成した「土木分野におけるモデル詳細度 標準(案)<sup>1)</sup>」を参照してシールドトンネルの BIM/CIM モデルの詳細度(LOD)を検討したので、参考として示す。土木分野におけるモデル詳細度 標準(案)で示される LOD を表 A 2.1 に示す。

表 A 2.1 土木分野における各工種統一的な詳細度の定義(案)

詳細度	共通定義
100	対象を記号や線、単純な形状でその位置を示したモデル。
200	対象の構造形式が分かる程度のモデル。標準横断で切土・盛土を表現、または各構造物一般図に示される標準横断面を対象範囲でスワイプさせて作成する程度の表現。
300	附帯工等の細部構造、接続部構造を除き、対象の外形形状を正確に表現したモデル。
400	詳細度 300 に加えて、附帯工、接続構造などの細部構造および配筋も含めて、正確に表現したモデル。
500	対象の現実の形状を正確に表現したモデル

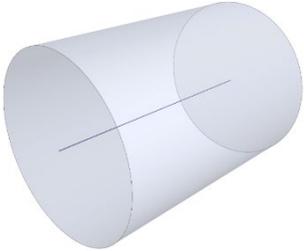
### A2.2 シールドトンネルの BIM/CIM モデルの詳細度

シールドトンネルに関する詳細度を示す。本小委員会で検討したシールドトンネルは、設計段階が LOD100、施工段階が LOD200 に相当するものとした。

#### A2.2.1 LOD100

LOD100 のオブジェクト作成例を表 A 2.2 に示す。

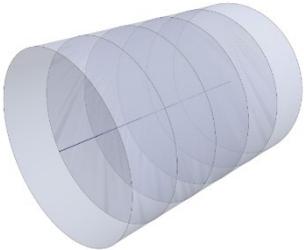
表 A 2.2 オブジェクト形状例

オブジェクト形状 (例)	説明
	<p>トンネル内空の径と平面線形の要素で区分した延長で作成した例。</p> <p>※ 本ガイドラインの設計段階のトンネル区間モデルに相当。</p>

### A2.2.2 LOD200

LOD200 のオブジェクト作成例を表 A 2.3 に示す。

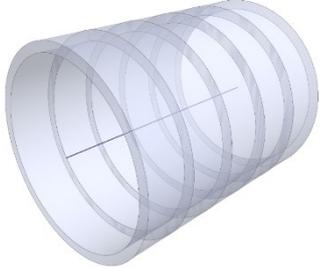
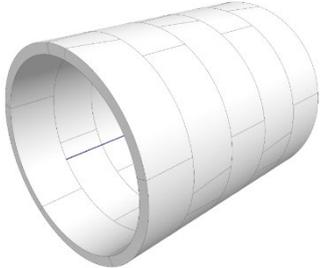
表 A 2.3 オブジェクト形状例

オブジェクト形状 (例)	説明
	<p>トンネル内空の径とセグメント幅で形状を作成した例。</p> <p>※ 本ガイドラインの施工段階のリングモデルに相当。</p>

### A2.2.3 LOD300

LOD300 のオブジェクト作成例を表 A 2.4 に示す。

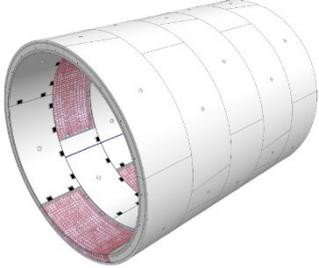
表 A 2.4 オブジェクト形状例

オブジェクト形状 (例)	説明
	<p>セグメントの厚さを示し、トンネル内空を空洞とした例。</p>
	<p>セグメントの外形の形状を作成し、リングとして組み合わせた例。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ セグメントの外形を 3 次元の形状として作成する。</li> <li>・ 継手の形状は作成しない。</li> <li>・ 継手の位置は示していない。</li> <li>・ K セグメントの位置は、設計段階の定義または施工結果に基づいて定める。</li> </ul>

#### A2.2.4 LOD400

LOD400 のオブジェクト作成例を表 A 2.5 に示す。

表 A 2.5 オブジェクト形状例

オブジェクト形状 (例)	説明
	<p>セグメントの外形形状、継手、鉄筋等を作成した例</p>

#### A2.2.5 LOD500

LOD500 は設定なし。

### A2.3参考文献

- 1) 社会基盤情報標準化委員会 特別委員会：土木分野におけるモデル詳細度 標準（案）、平成29年2月<<http://www.jacic.or.jp/hyojun/modelsyosaido.pdf>>（2020年5月確認）

## A.3 既往の研究

### A3.1 概要

本小委員会の検討に際して調査した既往の研究について示す。また、本小委員会の委員が実施した研究を事例として調査し、成果および知見を共有した。

### A3.2 トンネルに関する BIM/CIM の研究

シールドトンネルに関する研究では、2007 年に矢吹ら<sup>1)</sup>により行われた研究がある。矢吹らは、世界のシールドトンネルの施工実績の約半分を日本が占めているものの、将来的に情報が散逸してしまうこと懸念して、設計、施工、計測データ等を貯蔵し、必要に応じた検索、他のアプリケーションシステムで処理することが可能とすべく、プロダクトモデルの開発を行っている。この研究では、シールドトンネルの特徴の調査を行い、地盤や空洞等のクラスを有する概念的なプロダクトモデルを開発し、Industry Foundation Classes (以下、IFC) を拡張することで 3次元 CAD システムとの間でプロダクトモデルデータのやり取りの実験を行い、シールドトンネルに関するプロダクトモデルの基盤を築いている。

開削トンネルに関する研究では、2012 年に有賀らにより行われた研究がある。有賀ら<sup>2)</sup>は、開削トンネルの維持管理に際しての情報活用のため、コンクリートの変状を含めたプロダクトモデルの開発を行っている。この研究では、主に場所打ちコンクリートで築造される開削トンネルは、施工等の条件が品質に影響を与えることから、開削トンネルの本体および仮設、加えて、コンクリートに生じる変状を表現するプロダクトモデルを開発し、IFC の拡張を行っている。

山岳トンネルに関する研究では、2015 年に畑ら<sup>3)</sup>および杉浦ら<sup>4)</sup>による研究がある。畑らは、国交省の CIM 構想に基づく、山岳トンネルのライフサイクルにおける情報の一元化を目指したシステムの開発において、BIM を参考に、山岳トンネルにおける CIM の有るべき姿を検討し、それに基づいてプロトタイプシステムを構築し現場適用を図っている。この研究では、山岳トンネルで重要な切羽前方地質情報を CIM に連携することで、予測型 CIM としての開発を示している。杉浦らは、山岳トンネルの工事に本格的な CIM を導入したプロジェクトとして、見草トンネルにおける CIM の導入と取り組みについて報告している。この研究の結論において、杉浦らは属性情報の整理と情報交換法の統一を提言している。属

性情報の整理について、施工段階において効率的に属性情報を残す方法として、従来の施工管理の作業を大きく変えることなく属性情報と 3 次元モデルを関連付ける必要があるとしている。情報交換法の統一として、アプリケーションに依存しない情報交換標準フォーマットを整備することで、情報流通および納品情報の標準化が図られるとしている。

### A3.3 小委員会で事例紹介した研究

小委員会では、次の 4 つの研究について事例紹介した。

- 事例紹介 1：BIM/CIM のための、シールドトンネルの 3 次元モデル作成手法の開発  
杉本委員長が紹介した研究で、セグメント割付から求めた 3 次元座標位置、セグメント情報等よりシールドトンネルの 3 次元モデルを自動作成行うプログラムを開発したものである。
- 事例紹介 2：T-CIM<sup>®</sup>/Shield  
西田委員が紹介した研究で、シールドトンネルの工事において、施工管理情報の統合と見える化により、生産性・品質・安全性を向上させるための技術で、シールド工事における施工管理情報・記録を統合し、見える化として CIM システム T-CIM<sup>®</sup>/Shield を構築したものである。
- 事例紹介 3：シールドトンネルの CIM モデルの開発  
河越委員が紹介した研究で、シールドトンネルの 3 Dモデル用いて施工時の線形シミュレーションを行い、その後 3 Dモデルに属性を付与することで CIM モデルを作成する一連のシステムを開発したものである。
- 事例紹介 4：シールドトンネルに関する BIM/CIM 適用の研究  
古屋委員が紹介した研究で、シールド工法用プロダクトモデルに着目し、3 次元モデルを基盤としたプロダクトモデルの適用と検証を、実現場において実施したものである。

以下、これらの事例紹介の概要を示す。

### A3.3.1 事例1：BIM/CIMのためのシールドトンネルの3次元モデル作成手法の開発

#### 3.3.1.1 3次元モデルの自動作成

セグメント割付により求めたセグメントの3次元座標位置と回転角、またセグメント外形やセグメント情報などを入力したEXCELファイルから、シールドトンネルの3Dモデルを自動作成するVBAプログラムを作成した<sup>5)</sup>。

#### 1) セグメント緒元

セグメントはストレート (S)、片テーパ (T)、両テーパ (TT) の3種類である。それぞれの諸元を図A 3.1に示す。

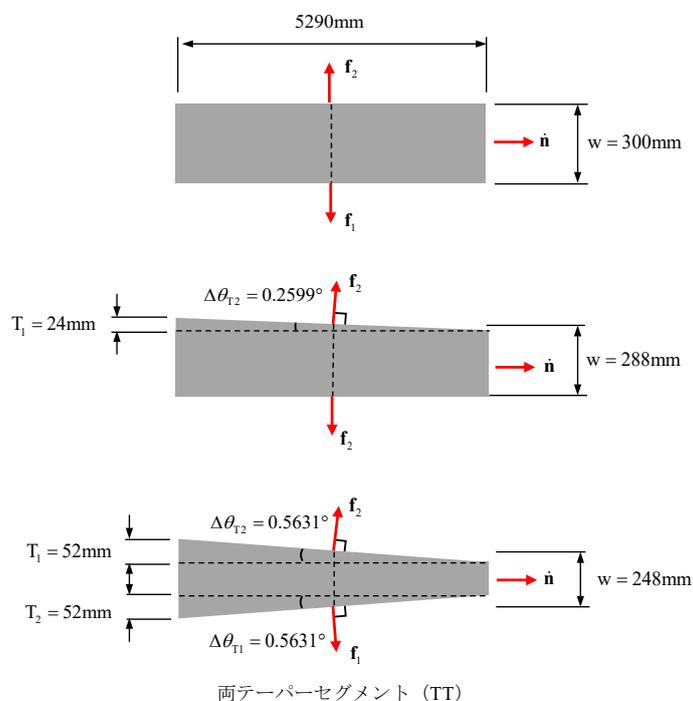


図 A 3.1 シールドトンネル DB の構成と情報

#### 2) セグメント割付

セグメント割付とは、セグメントをトンネル線形に対して要求される誤差以内に収まるようにセグメントを配置することである。これによりセグメントの3次元座標位置と回転角を求めた。

### 3) セグメントの作成

図 A 3.1 のセグメント緒元からストレート (S) と片テーパー (T)、両テーパー (TT) を作成する。今回作成したセグメントリングは円筒状であったため、ストレート (S) は円柱をくり抜いて作成した。片テーパー (T) と両テーパー (TT) は、ストレート (S) を指定したテーパーでカットすることにより作成した。

### 4) セグメントの座標移動

セグメント割付より求めた座標位置を用いて、セグメントリングを移動する。なお、VBA で作製した場合、AUTOCAD Civil 3D の仕様で、セグメントリングの基点となる座標位置が坑口側端部となることに注意を要する。

### 5) セグメントの回転移動

セグメント割付より求めたセグメント軸ベクトル (ヨーイング角、ピッチング角)、セグメントローリング角によりセグメントリングを回転移動する。適切に回転移動を行うため、作成したセグメントリングをローリング角→ピッチング角→ヨーイング角の順番で回転移動した。

### 6) 属性の付与

作成されたシールドトンネルのセグメントリング毎にハイパーリンクを用いて、画像データや pdf ファイルを付与できるようにした。具体的には、①付与する情報をシールドトンネル DB から抽出し、ファイルに保存。②保存したファイルのパスを座標データや回転角のデータをまとめた Excel ファイルに入力。③ファイルをセグメントリング毎にハイパーリンクする。

#### 3.3.1.2 結論

本研究では、VBA によるプログラムにより、Excel に入力したデータを用いて、CAD 上でシールドトンネル覆工の 3 次元モデルを作成し、同モデルに部材や施工の情報を関連づけるシステムを開発した。作成されたシールドトンネルの 3 次元モデルを図 A 3.2 に示す。

今後の課題は以下のとおりである。①セグメントリングに属性データとして、数値データを付与できるようにする。②施工時の時系列を表現できるモデルを開発する。

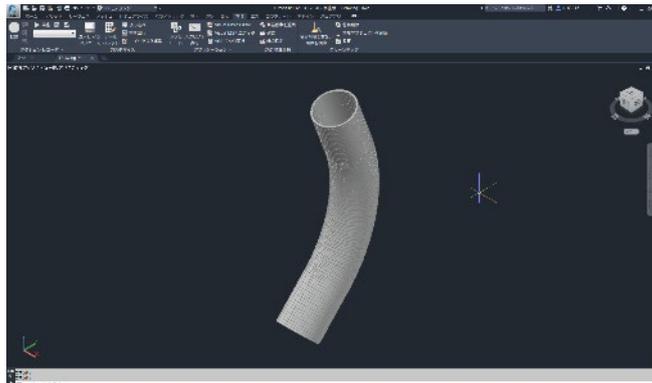


図 A 3.2 シールドトンネル 3次元モデル

### A3.3.2 事例 2 : T-CIM®/Shield

#### 3.3.2.1 概要

T-CIM®/Shield は施工管理情報の統合と見える化により、生産性・品質・安全性を向上させるための技術である。シールド工事は、都市部の地下を長距離に亘って掘削し、セグメントを組み立ててトンネルを構築するため、常に移動するシールドマシンの位置を正確に把握することが重要である。しかし、シールドマシンの位置は、路線平面図上に割り付けたセグメント位置と実際に組み立てたセグメント番号を照合し、半日ごとに確認する程度である。また掘進に伴って発生する様々な施工管理情報は、紙媒体で項目毎に記録・保管しているため、必要なデータを迅速に検索、確認できないという課題があった。

そこで、シールド工事における施工管理情報・記録を統合し、見える化した CIM システム T-CIM®/Shield を構築した。T-CIM®/Shield の構成概念図を図 A 3.3 に示す。

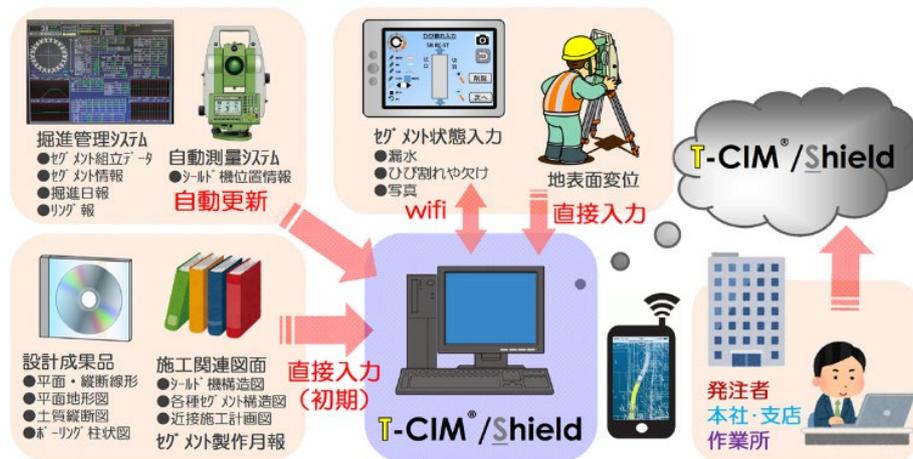


図 A 3.3 T-CIM®/Shield の構成概念図

### 3.3.2.2 T-CIM®/Shield の主な特徴

シールドマシンの現在位置(図 A 3.4)をモニター画面により自由な縮尺で表示・確認し、近接した既設交通施設やインフラ設備などの近接構造物との位置関係を正確に把握できる。併せて、刻々と変化する土層断面データもリアルタイムに表示し、現状の掘削土層と今後出現する土層の状況を正確に把握できる。図 A 3.4 の各 4 項目はそれぞれ拡大表示が可能となっている。



図 A 3.4 T-CIM®/Shield の基本画面

横断面図（図 A 3.5）として画面表示されるセグメント情報には、セグメントリング毎にシールドマシン掘進時の測定データや K セグメントの位置のほか、施工記録、セグメント図面や組立記録、品質管理記録などが紐付けされ、パソコンで一元管理しているため、過去の施工情報や記録を容易に取り出せる。この施工情報や記録は、平面図と縦断面図の図上の各セグメントともリンクされている。

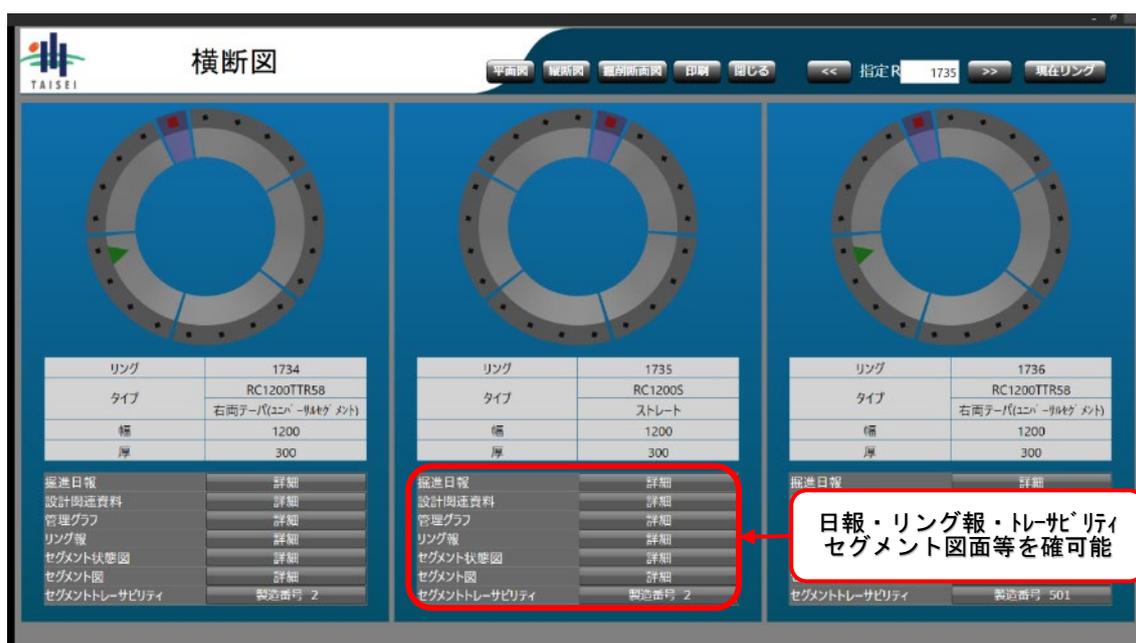


図 A 3.5 横断面図

「シールドトンネル工事に係る安全対策ガイドライン」(平成 29 年 3 月厚生労働省発表)に記載されているセグメントのひび割れ、継手の損傷、漏水などの継続的なモニタリングについて、本システムでは各セグメント組立後の上記の状態をタブレット端末（図 A 3.6）によりスケッチや写真撮影で保存し、図 A 3.7 のような形式で閲覧でき、安全対策にも適切に対応できる。

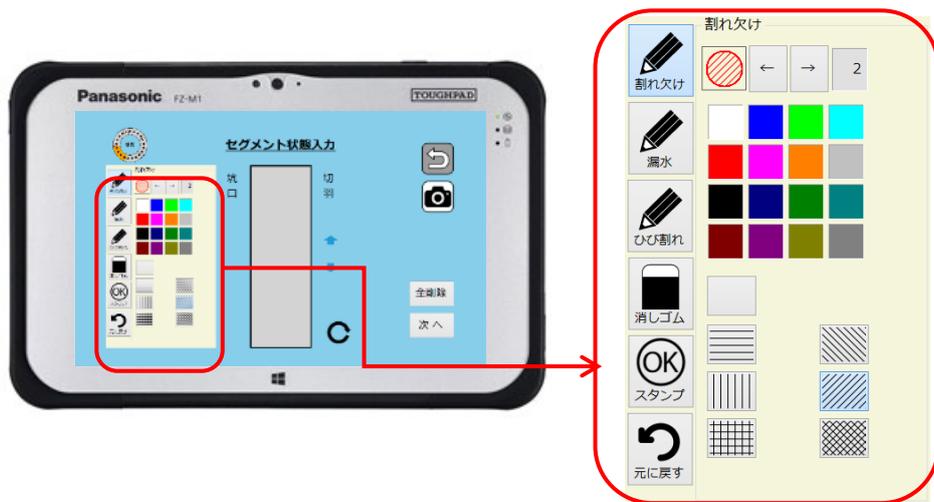


図 A 3.6 タブレット端末の入力画面

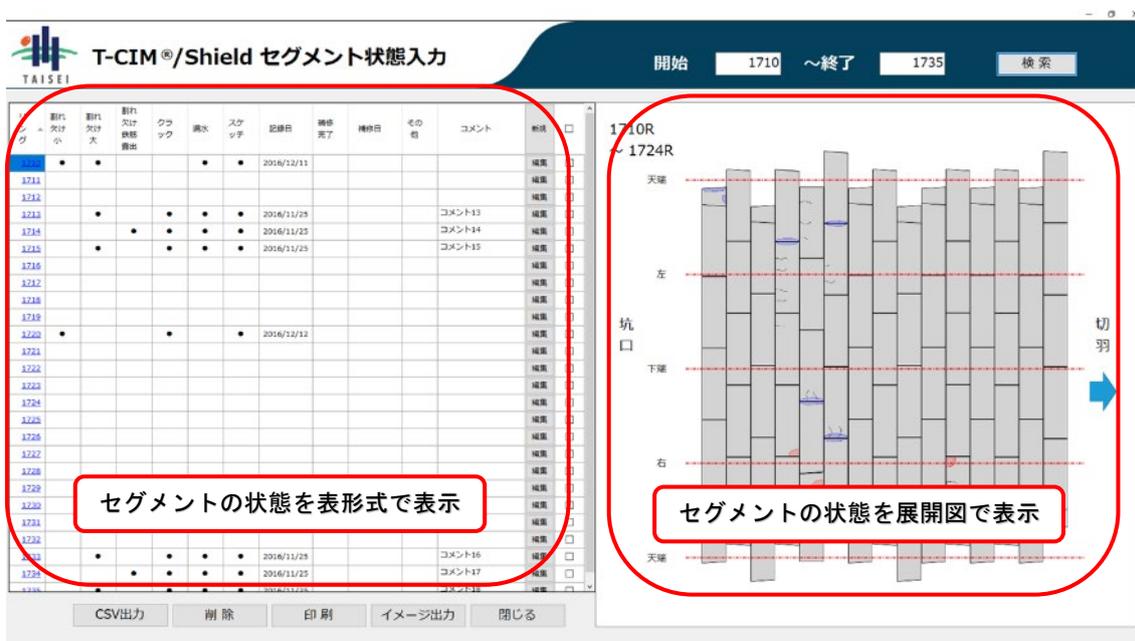


図 A 3.7 セグメント状態図

シールドマシンの現在位置と掘進状況は、図 A 3.3 に示すようにインターネット経由で情報端末などにより場所を問わずリアルタイムに把握でき、工事関係者だけでなく発注者とも情報を共有できる。

### A3.3.3 事例3：シールドトンネルのCIMモデルの開発

近年、土木工事においてCIMの導入が進んでいるが、シールドトンネルにおけるCIMのスタイルは確立されていない状況にある。今回、シールドトンネルの3Dモデルを用いて施工時の線形シミュレーションを行い、その後3Dモデルに属性を付与することでCIMモデルを作成する一連のシステムを開発した。

#### 3.3.3.1 概要

CIMは、計画、調査、設計段階から3次元モデルを導入することにより、その後の施工、維持管理の各段階においても3次元モデルを連携・発展させて事業全体にわたる関係者間の情報共有を容易にし、一連の建設生産システムの効率化・高度化を図るものである<sup>6)</sup>。

今回、シールドトンネルの施工管理と維持管理を対象にCIMモデルの開発を行った。施工管理についてはシールドの3Dモデルを用いた「3D線形シミュレーションモデル」、維持管理についてはシールド3Dモデルに属性を付与する「CIMモデル」の作成をシステム化した。

#### 3.3.3.2 シールドトンネルの3Dモデル

シールドトンネルの3Dモデル化においては、その運用時期により「①3D線形シミュレーションモデル」と「②CIMモデル」の二種類を使い分ける必要があると考えた（図A.3.8）。

「3D線形シミュレーションモデル」は、施工前および施工中に運用するものであり、仮想空間にトンネルを構築し施工検討を行う。セグメントをリング継手面で接合拘束して、セグメント組立方向やシールド機方向などを可変パラメータとして変化させ施工時のシミュレーションを行う。3次元のメリットは、水平方向と鉛直方向両方の検討が一度にできる事、および斜め方向の測定やローリングの影響確認が容易なことなどである。

「CIMモデル」は、施工後に運用するものであり、実際に組み立てた位置にセグメントを配置して、リング単位で掘進データなどの属性を与えて維持管理にも活用するモデルである。

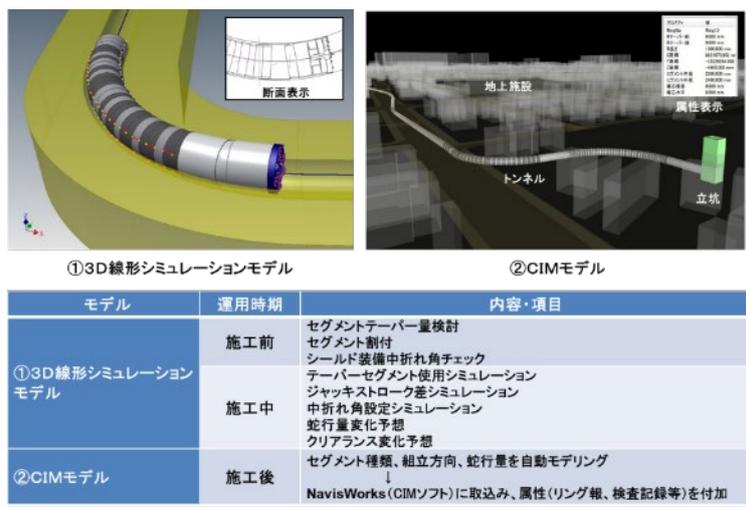


図 A 3.8 シールドトンネル 3 Dモデル

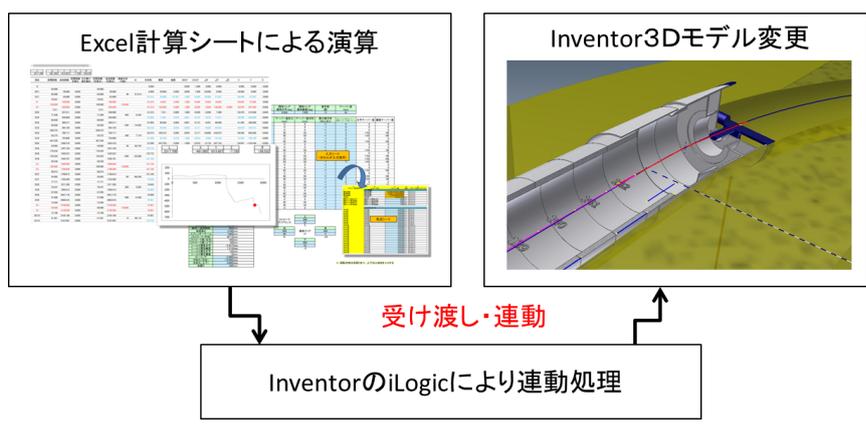


図 A 3.9 3 D線形シミュレーションにおけるデータの流れ

### 3.3.3.3 3 D線形シミュレーションモデル

シールドトンネルの施工管理において線形管理は最も重要な項目である。特にシールド機とセグメントの位置関係を把握することが「シールド機の方向制御」や「テール部の競りによるセグメントの損傷防止」の観点において重要であり、従来は測量結果を方眼紙に手書きでプロットして確認と予測を行ってきた。今回、Excel と機械系 3 次元 CAD を連動させ、仮想空間にトンネルを構築し施工シミュレーションすることにより、2次元の作図では測りきれない部分まで把握可能なシステムを開発した。本システムの特徴は、Excel シートの一覧表に入力した数値諸元に連動して、3DCAD 上のモデル形状と位置が変化することである (図 A 3.9)。3DCAD は「パラメトリックモデリング機能」と「Excel との連携機能」に

優れた機械系 3DCAD の Inventor を使用した（パラメトリックモデリング機能とは、3D モデルが持つ寸法情報、接続情報などを後から変更することで形状を変えることができる機能である）。これにより、どのようなシールドトンネルでも、3DCAD を直接操作する事無く、仮想空間でのシールドの動作シミュレーションを行うことができる。

## 1) 目指す効果と手段

本システムは「トンネル蛇行量の低減」と「セグメントの損傷防止」を目指すものであり、そのために以下の検証やシミュレーションを行う。

<計画段階>

- ・ セグメントの割り付け計画やシールドスペックの検証

<施工段階>

- ・ 施工段階におけるセグメント組立計画（テーパー使用位置および組立方向）
- ・ 施工段階におけるシールド機の制御計画（中折れ角、ジャッキストローク差など）
- ・ 施工段階における蛇行量予測および蛇行修正シミュレーション

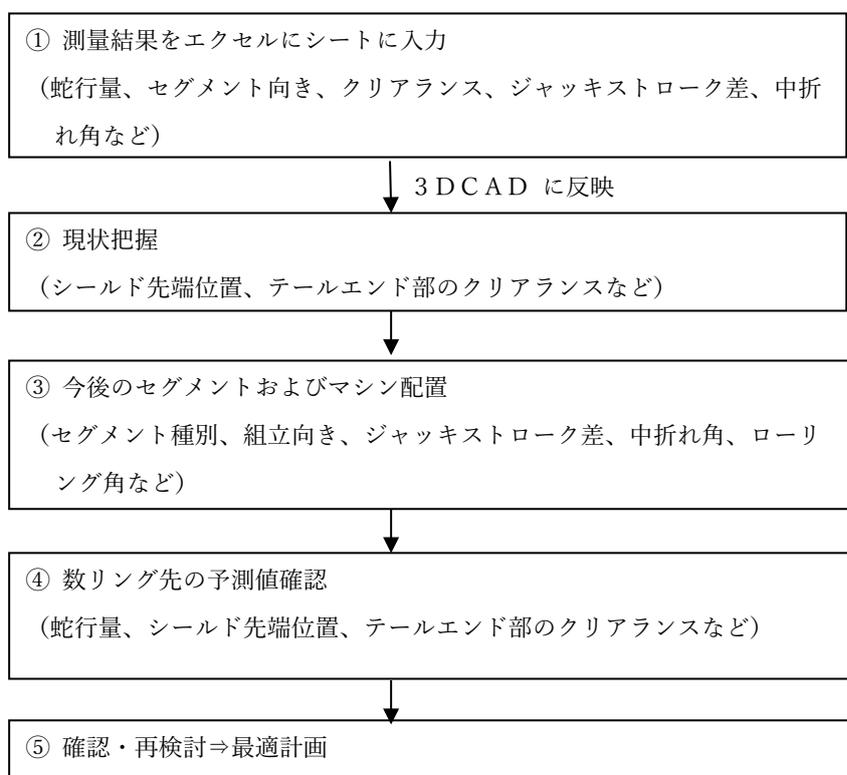


図 A 3.10 線形シミュレーション作業フロー

## 2) 3D線形シミュレーションモデル例

線形シミュレーション作業のフローは以下のとおりである（図 A 3.10 参照）。①測量結果を Excel に入力する。②3DCAD 上で Excel に入力したデータを読み込むことで現状の 3D モデルが作成される。③現状把握後、今後のセグメントの組立計画やシールドのコントロール計画を Excel に入力する。④再度 3DCAD 上で Excel データを読み込むことで数リング先のシールド先端位置やテールクリアランスの変化が作図される。⑤以上のシミュレーションを行い施工計画に反映させる。

図 A 3.11 に作図されたモデル例を示す。切羽部のセグメント（黄色囲み部分）が測量結果に基づき 3D モデル上に固定配置され、それに連結して予測セグメントが配置される。予測セグメントはリング継手面と中心点を拘束し、組立方向やテーパー量は Excel シートに入力されたパラメータに従って変化する。これにより、実際の施工と同様の動きを仮想空間内で実現させた。また、シールド機のジャッキストローク差、中折れ角などを変化させることで設計中心線とのズレを目視確認できる。

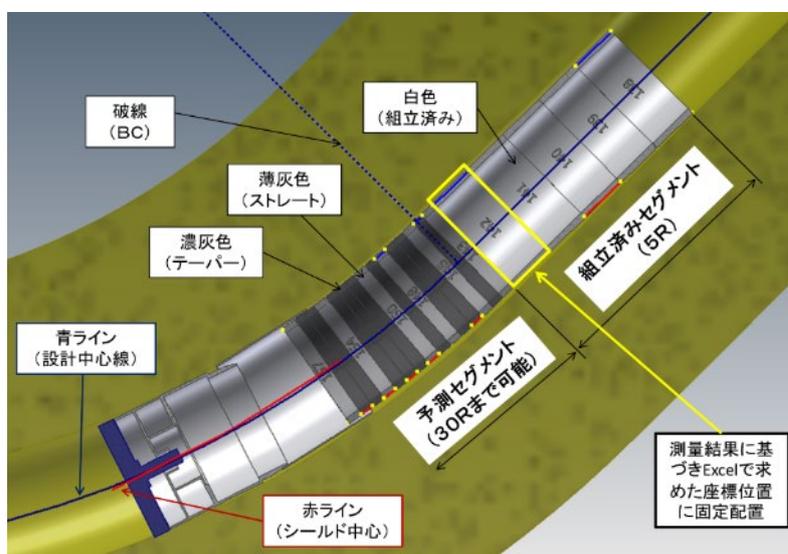


図 A 3.11 3D線形シミュレーションモデル例

Inventor は任意の方向の断面を 2次元図として表示することが可能である。図 A 3.12 は水平方向の断面を出力したものであり、蛇行量を数値で確認できる。また、テールクリアランスも任意の位置で確認できる。

以上の施工シミュレーションを用いて蛇行量とテールクリアランスを予測することにより高品質なトンネルの築造が可能となる。

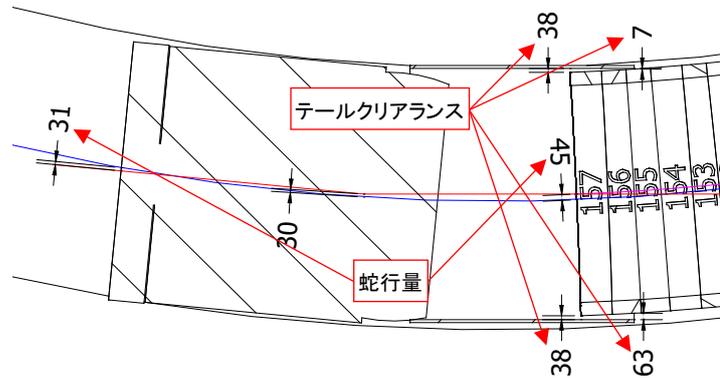


図 A 3.12 シミュレーション結果作図例

#### 3.3.3.4 CIM モデル

CIM モデルにおいては、セグメントのピース分割までモデル化し、振り角（組立方向）や蛇行量をまでを再現し、作成したモデルにリング単位で施工データを属性として付与し維持管理に活用可能なモデルとした。

##### 1) 3Dモデル作成

セグメントモデルは、データサイズやパソコンの能力などの関係から、各ピースのアウトラインレベルまでを形状化した。ピース分割やKセグメントの挿入角なども一覧表に諸元を入力することで自動生成する（図 A 3.13）。

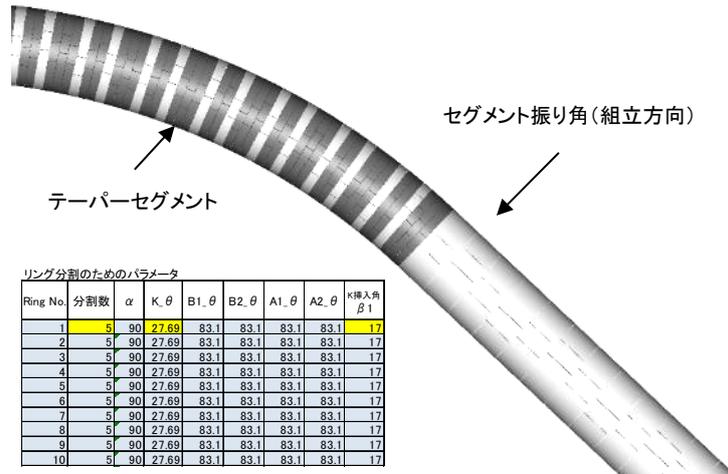


図 A 3.13 ピース分割モデル

## 2) 3Dモデルから CIM モデルへの変換

CIM モデルは、3次元モデルに属性情報が付与されたものである。Inventor で作成したモデルを Navisworks (3D データを属性も含めて統合するソフト) で読み込み、掘進時のデータを付与した状況を図 A 3.14 に示す。

図 A 3.14 の右表の属性値はモデルを作成するときに与えたパラメータであり、リング毎のプロパティとして直接取り込まれる。図 A 3.14 の左表の属性値は掘進データであり、Navisworks のアドオンソフトを用いて追加したものである。このように、検査記録や品質データなどを必要に応じて後から追加することが可能である。

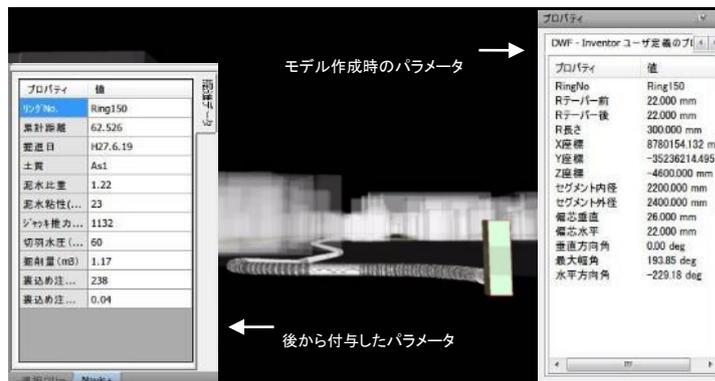


図 A 3.14 属性値の付与 (Navisworks 上で合成)

図 A 3.15 が地表面の標高データと写真画像や地層境のデータを合成したものである。このように必要に応じて他のソフトで作成したモデルデータを合成することで使用用途が広がるものとする。

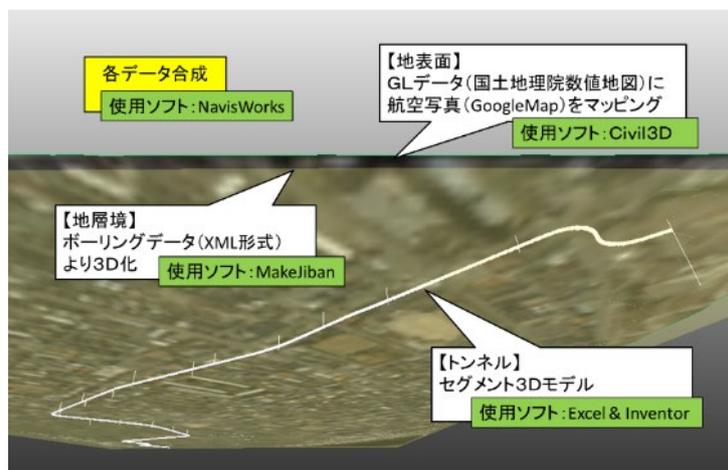


図 A 3.15 複合 3 D モデル例 (トンネル下部より見上げた視点)

### 3.3.3.5 CIM モデルの課題と考察

#### 1) データサイズとモデルの作り込みレベル

今回、実施工データを用いてモデルを作成したが、約 3、000 リング×5 ピースのデータ量であり、モデルの作成に時間を要し、またデータの処理にもパソコンにかなりの負荷がかかるものであった。図 A 3.16 が地上構造物とトンネルを合成した全体のモデルであるが、このようなモデルにセグメントの細部までを作り込むのは現実的では無い。

3Dモデルはその活用場面に応じて詳細度のレベルを変えて作り込むべきであると考えられる。例えば、CIMモデル作成仕様<橋梁編><sup>7)</sup>では、部材のアウトライン形状モデルの「レベル1」から、全ての部材を正確に表現する「レベル4」までの4段階のレベルが設定されている。シールドトンネルにおいては、図 A 3.16 のような全体モデルではセグメントピースのアウトライン形状(レベル2相当)までが限界と思われる。セグメントピースの詳細形状(レベル4相当)は図 A 3.17 のような単リングモデルを別ファイルで作成し、全体モデルのプロパティでリンク付けをすることが現実的と考える。



図 A 3.16 全体モデル（地上&トンネル）

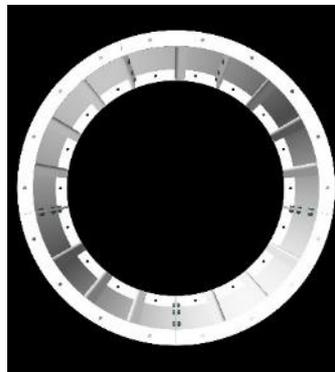


図 A 3.17 単リングモデル

## 2) ファイル形式および汎用ソフトとの互換性

CIM モデルは維持管理に寄与することが目的の一つであり、そのためには構造物の管理者がデータを容易に閲覧できなければならない。今回作成したデータと無償のビューワーソフトとの互換性を表 A 3.1 に示す。

Navisworks で作成したファイルは、Navisworks Freedom という無償のビューワーで殆どそのまま読み込むことが可能である。しかしながら Navisworks はその他の中間形式のファイルへの書き出し機能が少なく汎用性に欠けるところが課題である。セグメントモデルの作成を行った Inventor は、3DPDF や IFC 形式での書き出し機能があるが、いずれも属性情報が失われた単なる 3次元モデルとなる。

表 A 3.1 ファイル形式と無償ビューワーソフトとの互換性

ファイル形式	拡張子	無償のビューワーソフト	互換性
Navisデータ	nwd,nwf	Navisworks Freedom	外部リンクファイル以外は全て読み込み可能
3DPDF	pdf	Acrobat Reader	Inventorから変換可能だが属性が失われる
IFC	ifc	Solibri Model など	Inventorから変換可能だが全てが一つのパーツになり、属性も失われる

CIM モデルを活用するためには、ファイル形式の標準化と属性データを含めたデータ変換方法が必要不可欠と考える。

### 3.3.3.6 おわりに

本システムは Excel シートに連動して 3次元モデルを自動作成するもので、殆どのシールドトンネルに適用可能であることより、今後の工事にも活用し、更に実用性を高めて発展させる所存である。

## A3.3.4 事例 4：シールドトンネルに関する BIM/CIM 適用の研究

### 3.3.4.1 概要

土木分野における電子化は急速に普及し、ライフサイクルにおける各作業はコンピュータでのアプリケーションシステムを用いた自動化により効率化が図られている。一方で、様々なアプリケーションの乱立により、①情報共有が円滑に行われていない（現場と支援部門、受注者と発注者など）、②設計図書と施工データ、および出来形データの連携がない、③データフォーマットがシステムにより異なる、といった問題が起きている。これらの問題を解決するために、近年プロダクトモデルの研究開発が行われている<sup>8)</sup>。現在、開発が試みられている構造物は道路や橋梁<sup>9)</sup>がある。さらに、シールドトンネルのプロダクトモデル開発も矢吹ら<sup>10)</sup>により試みられている。しかし、実現場への適用には至っていないというのが現状である。そこで 2010 年 8 月から 1 年間、(財)日本建設情報総合センターの研究助成を得て、この開発段階のシールド工法用プロダクトモデルに着目し、3次元モデルを基盤としたプロダクトモデルの適用と検証を実現場にて実施した。

本報告は、シールド工事を題材とした 3次元データおよびプロダクトモデルの活用の提案と、データ交換における IFC (Industry Foundation Classes)<sup>9)</sup>の活用に関して紹介する。

### 3.3.4.2 シールド工法用プロダクトモデル

近年、機械や建築の分野において、プロダクトモデルを実務に用いる動きが盛んに行われている。プロダクトモデルを利用することで、図 A 3.18 に示す時間・空間的なフェーズの作業・情報を、多様なフェーズで一元管理できるようになる（図 A 3.19 参照）。このような特長を生かし、建築では BIM (Building Information Modeling) によるプロジェクト管理が急速に進みつつある。

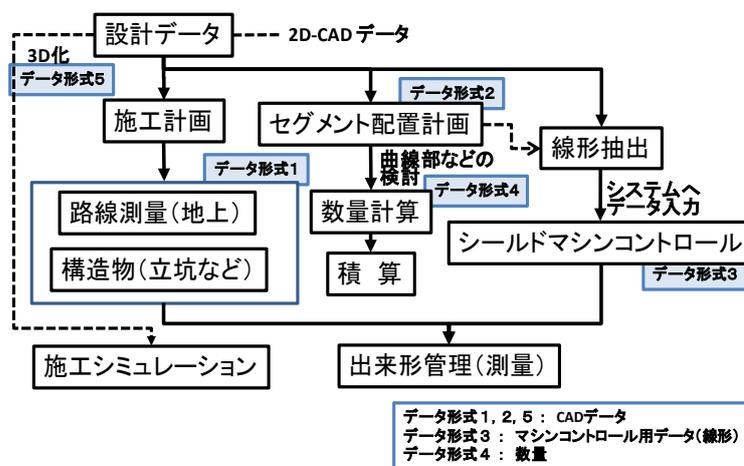


図 A 3.18 施工中に活用されるデータ

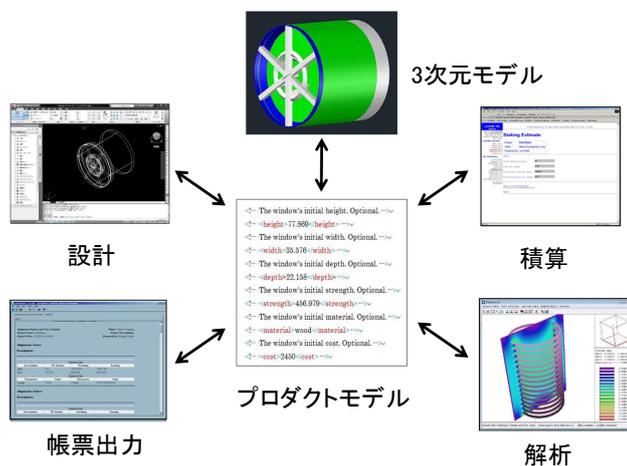


図 A 3.19 プロダクトモデルによる一元管理

このような考え方は、構造物を構築するにあたり、多くの作業手順や作業担当者を必要とし、多くの設計図書を利用・管理しなければならない土木工事においても有効に機能するは

ずであり、例えば構造物の設計変更が生じた場合、各作業データの修正を行う必要はなく、プロダクトモデルのデータに修正を加えるのみで、各作業データへ修正を迅速に反映できる。さらに、各作業におけるアプリケーションの互換性の違いにも対処できるといった特徴がある。

以上のような背景から、今回紹介するシールド工事ににおいてもプロダクトモデルを実装し、その検証を行うべく実験的検討を行った。シールドトンネルに関するプロダクトモデルの適用にあたり、図 A 3.20 に示すようなシールドトンネルの構成に関する概念モデルを作成した。シールドトンネルのライフサイクルにおいては、計画、調査、設計、施工、維持管理等様々な事象があるが、今回の実験的検証においては主に施工（工事）について着目している。

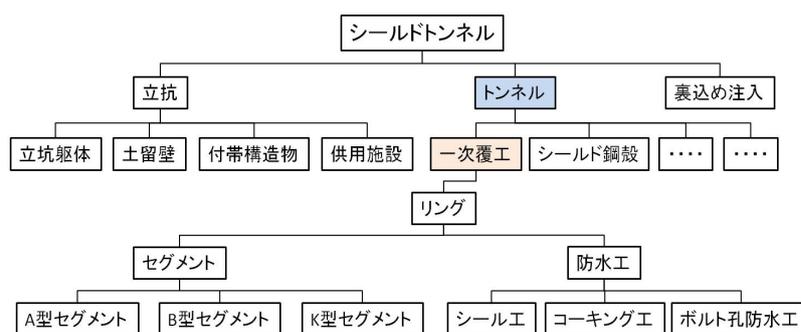


図 A 3.20 概念的プロダクトモデル<sup>10)</sup>

概念モデルは、文献<sup>10)</sup>および文献<sup>1)</sup>で提案された概念モデルに基づいて、シールドトンネルの工事に関する全体像および要素と実体要素の関係を明らかにするため、これらの概念モデルを拡張するものとした。概念モデルはトンネルの構成における上位要素からの階層図として作成した。なお、図 A 3.20 で示す概念モデルは、シールドトンネルの工事の全体像を明らかにし、シールドトンネルを構成する要素がどのような繋がりを持つかを一般的に示したものである。このため、必ずしも実際の工事を全て反映しているわけではなく、今後の現場適用にあたっては以下のような点に注意が必要である。

- (1) シールドトンネルの工事は、概念モデルで示した要素以外に様々な要素が関連するので、実際の工事仕様に従って必要なクラス（要素）を追加・拡張する必要がある。
- (2) シールドトンネルにはいくつかの掘削工法があり、工法に応じたクラスが必要である。シールドトンネル等の地下構造物は、道路や橋りょう等の地上に構築される構造物と異

なり、地盤という既に何らかの物質が詰まった空間を掘削し構造物を構築する。従って、シールドトンネルの概念モデルは大きく地盤とトンネルに関する構造物に分ける必要がある。地盤は、本来複雑な要素により構成されるためその全てをモデル化することは困難である。そこで、IFC シールドのスキーマにおいては、地盤を地層と地下水で構成するものとした地盤の概念モデルを考えている。

また、トンネルに関する構造物は、立坑とシールドトンネルに分けられる。本業務では主にシールドトンネルについてモデル化している。立坑は主にコンクリート構造物として構築され、その施工方法はシールドトンネルとは異なるため、立坑の構造物は対象外とするものと定義されている。ただし、立坑は IfcWall、IfcColumn、IfcBeam 等の既存の IFC のクラスを用いてモデル化することが可能である。

一方のトンネルは、シールドマシンにより地中を掘進し、セグメントライニングによりトンネルを構築する。セグメントライニングはその種類や用途に応じて多様な形式が存在し、個々の構成要素も非常に多い。本業務では、セグメントピースを最小単位としてトンネルのモデリングを行っている。

以上のように、IFC シールドのスキーマは開発されたが、現状では土木構造物の要素であるため、既存の建築などで活用されている IFC の規格で定義することはできない。したがって、概念的プロダクトモデルを考慮しつつ、IFC の既存スキーマを拡張、もしくは代用する必要がある。また、開発されたプロダクトモデルは、あくまで概念的なモデルであるため、今回の研究において、実現場に即したモデルとなり得るかを検証することとした。

#### 3.3.4.3 プロダクトモデルと I F C の連携

このような背景から、概念的プロダクトモデルの検証を踏まえ、シールド工法用プロダクトモデルの構築と現場への適用を行うこととした。今回の 3 次元モデルの作成には、3 次元地形および線形定義には Autodesk 社の Civil 3D、シールドセグメントを含む構造物は RevitStructure2011(以下 Revit)、工程検証には Navisworks を、データ交換検証には Google SketchUp<sup>12)</sup>をそれぞれ使用した。

ただし、概念的プロダクトモデルには土木構造物特有の要素も含まれているため、現状ではすべての 3 次元モデルが IFC の規格を引き継ぐことはできない。このような場合、マッピング<sup>11)</sup>機能を用いて、土木構造物特有の要素を既存の IFC スキーマ(後述)で代用し出

力することとした。

各種情報をモデルに定義させた後、部材数量や土量の算出、工程シミュレーション等を行うことが可能となる。プロダクトモデルに座標情報を定義することで、測量データとの連携が図れるだけでなく、シミュレーションの際に線形座標ベースの工程管理が可能となる。また、IFC のデータフォーマットはオープンな仕様であり、様々なソフトウェアに対応しているため、必要に応じた用途で使い分けることが可能である。例えば、Google SketchUp<sup>12)</sup>等の無償ソフトウェアにも対応しているため、高価な専用ビューワーを保有していなくとも、モデルの閲覧が可能である。

#### 3.3.4.4 現場への適用事例

このようなプロダクトモデル、IFC の活用の有効性を検証するために、2012 年 8 月から約 1 年間、実現場での適用実験を行った。対象現場は、東京都品川区の中央環状品川線大井地区の大井ジャンクションから大橋ジャンクションまでの延長約 9.4km のトンネル工事である。今回は、その中にある図 A 3.21 のような①上りの大橋方面（長さ：550m）と②下りの大井方面（長さ：336m）のトンネルを対象とした。



図 A 3.21 実験モデル適用現場の概要

今回は、時間的な制約からトンネルを構成する部材であるセグメントに着目し検証を行うこととした。図 A 3.22 は、図面をもとに作成したセグメントの 3 次元モデルである。対

象現場のトンネルセグメントは円筒形で、A型セグメント、B型セグメント、K型セグメントの3種類で構成されている。それぞれのセグメントは形状の異なる2種類が存在し、計6種類のセグメントを中心線形に沿って配置し、この3次元モデルを利用してプロパティのカスタマイズやIFCの入出力を行っていくこととした。

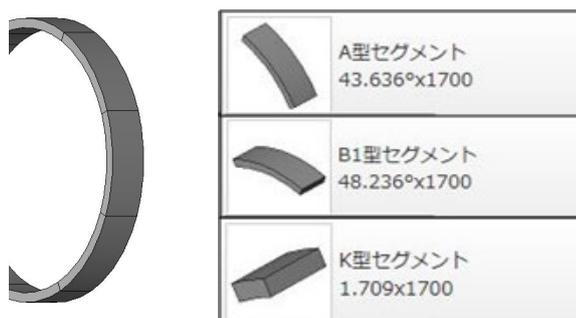


図 A 3.22 セグメントの3次元モデル

なお、今回利用した Revit は土木工事における線形構造物に対して構造を配置することが出来なかったため、Autodesk 社の3次元CADである Civil-3D にてシールドトンネルの線形を定義し、その中心線を基準にセグメントを Revit で配置した。

図 A 3.23 は、セグメントモデルのプロパティの一部である。横幅 H や曲率 A のパラメータを定義し、任意の値を入力することで、3次元モデルに反映される。さらに、識別情報として、製造元や価格等のパラメータを定義した。セグメントは土木構造物であるため、IFC ファイルに出力する時は既存の IFC スキーマで代用しなければならない。その際に、図 A 3.24 のような IAI 標準に基づいた新しいマッピングファイルを作成する必要がある。

Parameter	Value
<b>Dimensions</b> ^	
H	1700.0
A	48.236°
<b>Identity Data</b> ^	
Keynote	トンネル部材
Model	B1型セグメント
Manufacturer	〇〇〇工業
Type Comments	構造コンクリート
URL	http://www.〇〇〇.co.jp/
Description	シールドトンネル用部材
Assembly Description	
Assembly Code	
Type Mark	
Cost	¥〇〇〇〇〇
OmniClass Number	23.25.30.21.14
OmniClass Title	Trussed Beams and Joists

図 A 3.23 セグメントのプロパティ

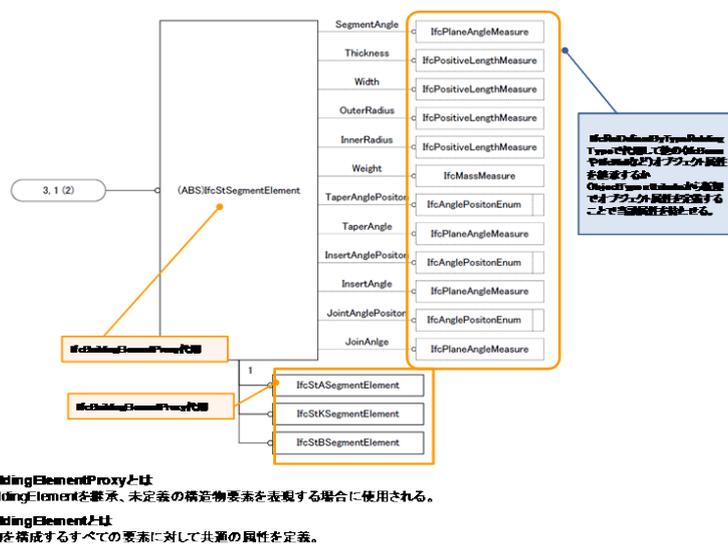


図 A 3.24 Revit Structure でのスキーマの代用

この図は IFC シールドのマッピングファイルであるが、コメント行の下に記載された右列が IFC クラス名を表わしている。現状では IFC シールドのスキーマは汎用のソフトウェアでは定義されていないため、規定の IAI 標準に基づいたマッピングファイルを使用して IFC 形式に書き出した場合に、多くの要素は IFC クラス名に Not Exported と表示される。

このため、IfcBuildingElementProxy を代用とすることとした。なおこのクラスは、構造物を構成する全ての要素に対して共通の属性を定義するクラスであり、これを用いて概念的プロダクトモデルの当該属性を代用する。これは、オブジェクトタイプが不明である場合



また、シールドトンネル本体ではなく今回の工事における立坑部の工程を模擬したシミュレーションデータも交換が可能となり、図 A 3.26 に示すような施工順序の可視化も可能であることが確認できた。

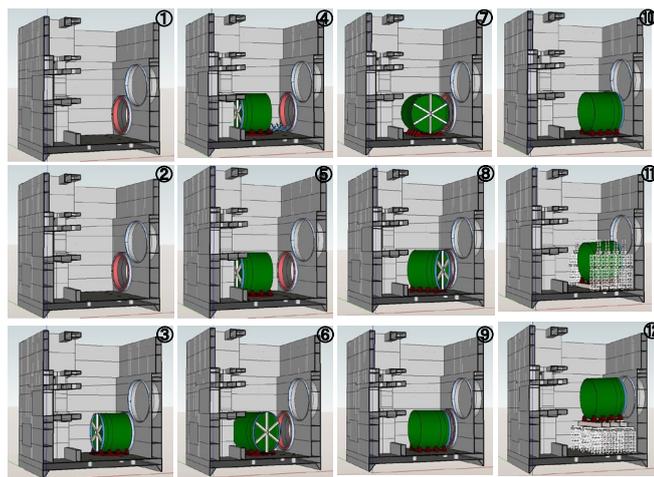


図 A 3.26 立坑部 シールドマシン転回のシミュレーション

なお、今回の研究に付随して、工程管理を3次元データで実施し、施工管理の高度化への実験も行った。Revitでの工程シミュレーションの実施状況を図 A 3.27 に、またXMLを介して進捗状況をデータ出力後、Excelで工程のチャートに出力も可能となった。この帳票にはセグメントコストも併記されているため、出来高管理も可能となった。

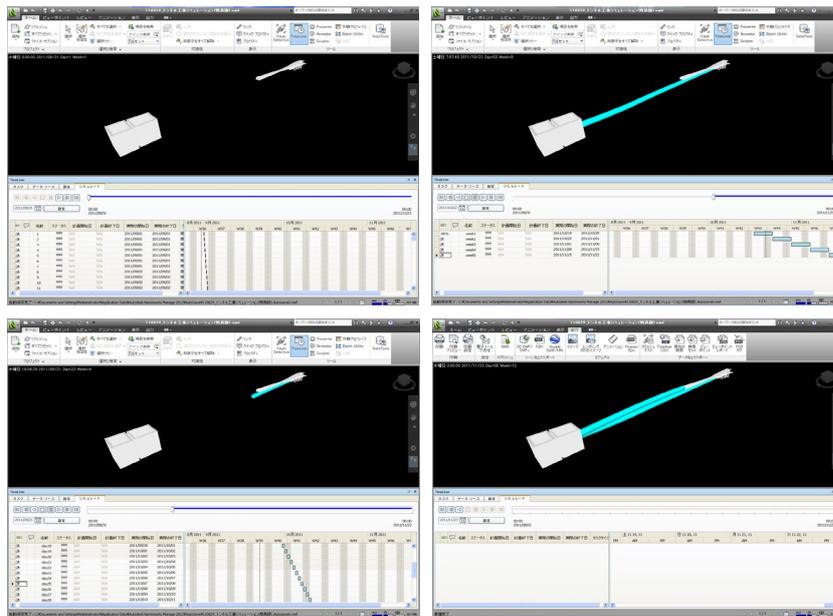


図 A 3.27 工程（出来高）管理への適用

これらの結果から、工事に参加する多様な業者が異なるアプリケーションを用いて施工状況などを参照することが可能となることが確認でき、必ずしも CAD を有しなくても施工状況や進捗、出来高管理を共通のデータから実施できることが確認できた。

以上のように、実施工の中での IFC を用いることにより実現可能な業務形態を図 A 3.28 に示す。IFC シールドを用いることにより、必ずしも CAD を用いて設計図書や施工状況を確認する必要はなくなる可能性があり、あたらしいプロダクトモデルのユースケースが生まれる可能性がある。

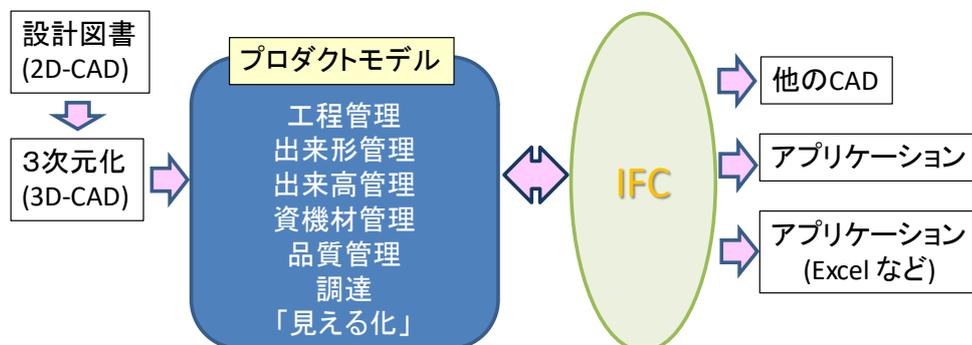


図 A 3.28 IFC シールドがもたらす機能

### 3.3.4.6 おわりに

今回のシールド工事をモデルとしたプロダクトモデルの現場適用では、現在、開発段階のシールド工法用プロダクトモデルに着目し、3次元データを基盤としたプロダクトモデル構築の手法を提案した。さらに、提案された IFC シールドを用い、対象現場への適用および検証を行った。

今回は、時間的な制約から対象現場への工事進捗に伴うリアルタイムなシステム適用までは至っていないため、有効性の有無は検証が十分であるとはいいがたい部分もある。しかし、データ交換が可能である点と、それを用いた多種のアプリケーションでのデータ活用の可能性は十分検証でき、プロダクトモデルの現場施工での実用化の可能性を強く示すことが出来たと考える。

### A3.4 まとめ

本章では、トンネルに関する BIM/CIM の研究および4つの事例紹介を示した。本小委員会では、シールドトンネルのデータ連携の検討に関する検討に際して、既往の研究および事例紹介を参考にした。この結果として、シールドトンネルのデータ連携に関する事項として以下をまとめた。

- ① 施工段階において、BIM/CIM モデルの作成を効率的に行う必要がある。
- ② シールド技術情報 DB が目指した従来の施工管理で作成する情報を格納する方針は、BIM/CIM においても有効である。
- ③ BIM/CIM モデルの作成では、施工段階で自動作成を行う研究が複数行われている。この技術を活用するために必要な情報を設計段階から施工段階に確実に引き継ぐことが有効である。
- ④ シールドトンネルの標準的データモデルとして IFC の拡張が提案されており、実現場における適用の可能性も示されている。BIM/CIM モデルの作成と標準的データモデルの関係を整理することで、実用的な活用は可能である。

### A3.5 参考文献

- 1) 矢吹信喜、東谷雄一郎、秋山実、河内康、宮亨：シールドトンネルのプロダクトモデルの開発に関する基礎的研究、土木情報利用技術論文集、Vol.19、pp.261-268、2007.
- 2) 有賀貴志、矢吹信喜、新井泰：変状データを含む開削トンネルのプロダクトモデルの構築、土木学会論文集 F3 (土木情報学)、Vol68、No.1、pp.58-70、2012.
- 3) 畑浩二、杉浦伸哉、後藤直美、藤岡大輔：山岳トンネルにおける ICT を活用した予測型 CIM の開発、土木学会論文集 F3(土木情報学)、Vol.71、No.2、pp.II\_78-II\_85、2015.
- 4) 杉浦 伸哉、後藤 直美：紀勢線見草トンネル工事における施工 CIM から維持管理 CIM への取組み、土木学会論文集 F4 (建設マネジメント)、Vol71、No.4、I\_227-I\_233、2015.
- 5) 佐藤弘弥、杉本光隆：BIM/CIM のための、シールドトンネルの 3 次元モデル作成手法の開発、第 75 回土木学会年次学術講演会概要集 VI、2020.
- 6) 国土交通省 CIM 導入推進委員会：CIM 導入ガイドライン (案) 第 1 編共通編、2017.
- 7) 国土交通省国土技術政策総合研究所 社会資本マネジメント研究センター 社会資本情報基盤研究室：CIM モデル作成仕様 (検討案) <橋梁編>、2015.
- 8) 寺中愛瑛、小林一郎、古屋弘、柿本亮大：3D-CAD を用いたシールド工法用プロダクトモデルの可視化、全国大会、土木学会西部支部研究発表会講演概要集、2011.
- 9) 一般社団法人 buildingSMART JAPAN：IFC とは、<<https://www.building-smart.or.jp/ifc/whatsifc/>>、(入手 2020.6.30) .
- 10) 矢吹信喜、志谷倫章：プロダクトモデルを用いた包括的設計支援システムの開発、土木情報利用技術論文集、Vol.12、pp.273-280、2003.
- 11) Autodesk：マテリアルマッピング、<<https://knowledge.autodesk.com/ja/support/revit-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2019/JPN/Revit-AddIns/files/GUID-1DE3E012-0E33-46B7-ADBA-F41ADB4ED719-htm.html>>、(入手 2020.6.30)
- 12) Trimble：スケッチアップ、<<https://www.sketchup.com/ja>>、(入手 2020.6.30)

## A.4 国際学会等への対応

### A4.1 buildingSMART からの意見照会（2019年11月）

bSI で実施している IFC-Tunnel プロジェクトにおいて、IFC-Tunnel のユースケースを調査し、検討の優先順位を決めるための意見照会があった。本小委員会で検討し、以下のとおり回答した。集計は、個別解答の平均値を四捨五入した。

- 1) トンネル種類（機能別）の優先順位（1 = 低い、5 = 高い）
  - Rail ..... 4
  - Metro ..... 5
  - Road ..... 5
  - Water ..... 3
  - Pedestrian ..... 3
  - Gas ..... 3
  - Services ..... 3
  - Underground facilities ..... 3
- 2) トンネル種類（工法別）の優先順位（1 = 低い、5 = 高い）
  - Mined conventional ..... 4
  - Mined mechanical ..... 5
  - Cut & Cover ..... 4
  - Jacked ..... 2
  - Immersed ..... 3
  - Shafts ..... 4
  - Micro-tunnels ..... 3
  - Caverns ..... 3
- 3) サブシステムの優先順位（1 = 低い、5 = 高い）
  - Supervision ..... 2
  - Ventilation ..... 3
  - Lighting ..... 3
  - Fire protection ..... 3
  - Emergency & safety ..... 3
  - Drainage ..... 3
  - Power supply ..... 3
  - Geothermal ..... 2

- 4) ユースケースの優先順位 (1 = 低い、5 = 高い)
- Use case 1: Initial State Modeling ..... 4
  - Use case 2a: Geologic model for planning ..... 4
  - Use case 2b: Geological and geotechnical modeling for design ..... 4
  - Use case 2c: Geotechnical modeling for construction and maintenance ..... 5
  - Use case 3: Exchange of alignment and major road/railway parameters ..... 5
  - Use case 4a: Technical Visualization ..... 4
  - Use case 4b: Realistic Visualization ..... 3
  - Use case 5: Coordination / Collision Detection ..... 4
  - Use case 6a: Design to Design (reference model) ..... 4
  - Use case 6b: Design to Design (full model logic) ..... 5
  - Use case 7: Numerical (structural & geomechanical) analysis ..... 4
  - Use case 8: Fluid dynamics: Air and water flow simulation ..... 3
  - Use case 9: Standards Compliance Checking ..... 3
  - Use case 10: Quantity Take Off ..... 4
  - Use case 11: Construction Sequence Modeling (4D modeling) ..... 4
  - Use case 12: Design to tender ..... 3
  - Use case 13: Design to construction (BIM to Field) ..... 5
  - Use case 14: Prefabrication and manufacturing ..... 4
  - Use case 15 Progress Monitoring ..... 3
  - Use case 16: Machine guidance and control ..... 4
  - Use case 17: Damage recording ..... 4
  - Use case 18: Monitoring of deformations / settlements during construction ..... 3
  - Use case 19: Handover to GIS ..... 4
  - Use case 20: Handover to/ from asset management operation ..... 3
- 5) ユースケースの優先順位 (ランキング)
- 1位. Use case 13: Design to construction (BIM to Field)
  - 2位. Use case 6b: Design to Design (full model logic)
  - 3位. Use case 2c: Geotechnical modeling for construction and maintenance
  - 4位. Use case 3: Exchange of alignment and major road/railway parameters
  - 5位. Use case 14: Prefabrication and manufacturing
  - 6位. Use case 1: Initial State Modeling
  - 7位. Use case 2b: Geological and geotechnical modeling for design
  - 8位. Use case 20: Handover to/ from asset management operation
  - 9位. Use case 10: Quantity Take Off
  - 10位. Use case 19: Handover to GIS

- 11位. Use case 11: Construction Sequence Modeling (4D modeling)
- 12位. Use case 16: Machine guidance and control
- 13位. Use case 17: Damage recording
- 14位. Use case 5: Coordination / Collision Detection
- 15位. Use case 7: Numerical (structural & geomechanical ) analysis
- 16位. Use case 2a: Geologic model for planning
- 17位. Use case 8: Fluid dynamics: Air and water flow simulation
- 18位. Use case 6a: Design to Design (reference model)
- 19位. Use case 15 Progress Monitoring
- 20位. Use case 4a: Technical Visualization
- 21位. Use case 9: Standards Compliance Checking
- 22位. Use case 18: Monitoring of deformations / settlements during construction
- 23位. Use case 12: Design to tender
- 24位. Use case 4b: Realistic Visualization

#### A4.2 ITA WG22 からの意見照会（2020年6月）

国際トンネル協会（International Tunnelling and Underground Space Association）（以下、ITA）と bSI は、IFC-Tunnel の検討を共同で行うため、Working Group22<sup>1)</sup>（以下、WG22）を設置している。日本からは、日本トンネル協会（以下、JTA）および buildingSMART Japan（以下、bSJ）が、情報収集を目的として参加している。

WG22 では、トンネルのライフサイクルステージに関する調査を行っており、各国の状況についての意見照会があった。本小委員会で検討し、図 A 4.1 に示すとおり回答した。

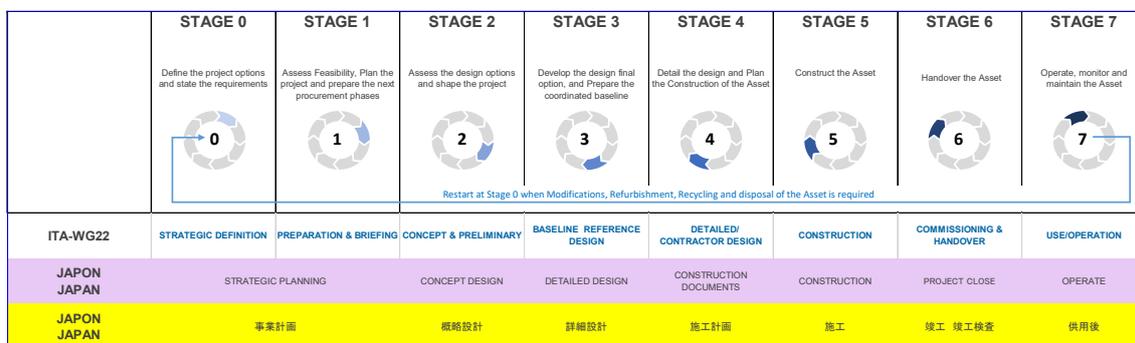


図 A 4.1 WG22 への回答

### A4.3 参考文献

- 1) International Tunnelling and Underground Space Association : Working Group 22 : Information Modelling in Tunnelling、<<https://about.ita-aites.org/wg-committees/working-groups/276-ita-active-working-groups/working-group-22-new-2017-information-modelling-in-tunnelling>>、(入手 2020.6.30) .

## A.5 資料

### A5.1 プロセスマップ

次ページに以下のプロセスマップを示す。

- プロセスマップ（予備設計）
- プロセスマップ（詳細設計）
- プロセスマップ（施工段階）

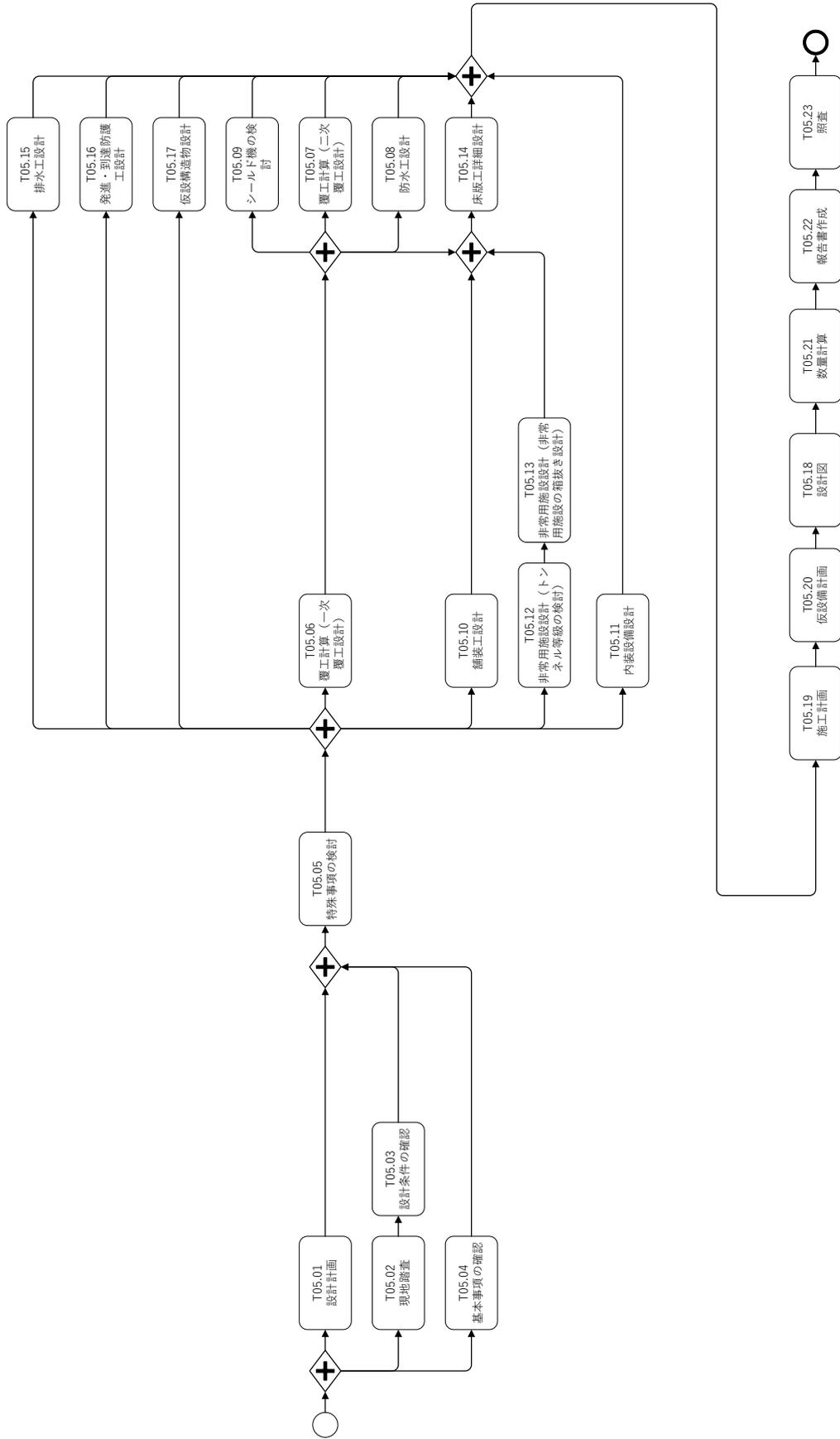


予備設計のプロセス

No	タスク	説明	インプット	アウトプット
T02.01	設計計画	業務の目的・主旨を把握し、設計図書に示す業務内容を確認し、業務計画書を作成する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>設計図書</li> <li>[標準資与資料]</li> <li>(1)道路予備設計報告書及び設計図書</li> <li>(2)地質調査報告書及び地質断面図等の関連図</li> <li>(3)地形測量図(平面図、縦断面図、横断面図)</li> <li>(4)地上施設等調査資料(道路、基礎含む建築物等)</li> <li>(5)対象地域の環境基準値</li> <li>(6)対象地域の都市計画図及び用途地域図</li> <li>(7)交通量関連資料</li> <li>(8)地下埋設物関連資料</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>業務計画書</li> </ul>
T02.02	現地踏査	設計に先立って現地踏査を行い、設計図書に示された設計範囲及び資与資料と現地との整合性を目視により確認するものとする。また、地形、地質等の自然条件、地物、環境条件等の周辺状況等、現地の状況を把握し、併せて工事用道路・施工ヤード等の施工性の判断及び施工設備計画の立案に必要な現地状況を把握する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>設計図書</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>下記に関する確認結果</li> <li>設計図書に示された設計範囲及び資与資料と現地との整合性</li> <li>地形、地質等の自然条件、地物、環境条件等の周辺状況等、現地の状況</li> <li>工事用道路・施工ヤード等の施工性の判断及び施工設備計画の立案に必要な現地状況</li> </ul>
T02.03	設計条件の確認	設計図書に示された道路の幾何構造、建築限界、交通量等検討・設計上の基本的条件について確認を行う。	<ul style="list-style-type: none"> <li>設計図書</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>下記に関する確認結果</li> <li>道路の幾何構造、建築限界、交通量等検討・設計上の基本的条件</li> </ul>
T02.04	基本事項の検討	シールドトンネルの設計にあたり、交通運用面を考慮した上で、下記に示す事項について技術的検討を加える。	<ul style="list-style-type: none"> <li>交通運用面</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>下記に関する技術的検討結果</li> <li>1) 内空断面(幅員構成、建築限界、換気等諸設備条件)</li> <li>2) 地質条件</li> <li>3) 二次覆工の必要性</li> <li>4) 近接構造物との関連</li> <li>5) 概略施工法(施工の安全性、環境条件、経済性)</li> <li>6) 荷重条件と設計計算方法</li> <li>7) 排水工等トンネル内付帯設備</li> <li>8) 防災面からの構造検討(非常駐車帯、避難連絡坑等)</li> </ul>
T02.05	換気検討	トンネルの延長、縦断勾配、トンネル断面及び周辺の環境条件を考慮して、既存資料を基に所要換気量を算出し計画可能な3案程度の換気方式を対象に比較検討を行い、経済的かつ合理的な換気方式を選定する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>トンネルの延長、縦断勾配、トンネル断面及び周辺の環境条件</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>所要換気量</li> <li>経済的かつ合理的な換気方式</li> </ul>
T02.06	諸設備検討	設計図書に基づき、選定された換気方式に適合した換気、照明、非常用施設等トンネル内諸設備計画及び受配電設備計画について概略検討を行う。	<ul style="list-style-type: none"> <li>設計図書</li> <li>選定された換気方式</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>下記に関する概略検討結果</li> <li>(選定された換気方式に適合した)換気、照明、非常用施設等トンネル内諸設備計画及び受配電設備計画</li> </ul>
T02.07	特殊事項の検討	設計図書に基づき、近接構造物への影響及び周辺環境への影響等、特殊事項の検討を行う。	<ul style="list-style-type: none"> <li>設計図書</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>下記に関する検討結果</li> <li>近接構造物への影響及び周辺環境への影響等、特殊事項の検討</li> </ul>
T02.08	設計計算	トンネルの主要断面について、基本事項の検討結果を基に、概略設計計算及び概略断面検討を行い、トンネル覆工厚、セグメント種類セグメント幅の決定を行うものとする。受注者は、設計図書に基づき、トンネルの耐震検討や縦断方向の構造検討を行う。	<ul style="list-style-type: none"> <li>設計図書</li> <li>基本事項の検討結果</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>下記に関する概略設計計算・概略断面検討結果</li> <li>トンネル覆工厚、セグメント種類、セグメント幅、分割(記載追加)</li> <li>トンネルの耐震検討や縦断方向の構造</li> </ul>
T02.09	シールド機の検討	設計計算により決定された覆土厚を有するシールド機に関し工事の安全性、施工性、経済性等の観点から、3案程度の機種を対象に概略検討を行い、比較表を作成し、特質を整理のうえ、機種を決定を行う。	<ul style="list-style-type: none"> <li>設計計算により決定された覆土厚を有するシールド機に関し工事の安全性、施工性、経済性等の観点</li> <li>線形</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>3案程度の機種を対象に概略検討を行い、比較表を作成し、特質を整理のうえ、機種を決定</li> </ul>
T02.10	発進・到達方法の検討	決定したトンネル断面、地質条件、シールド機種を考慮したシールド機の発進・到達方法について、3案程度を対象に検討を行い、比較表を作成し、特質を整理のうえ、到達・発進方法を決定する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>決定したトンネル断面、地質条件</li> <li>設計計算</li> <li>シールド機種</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>3案程度を対象に検討を行い、比較表を作成し、特質を整理のうえ、到達・発進方法を決定</li> </ul>
T02.11	概略施工設備検討	検討・設計したトンネル断面、延長等の工事規模及び施工方法を基に、以下の事項の検討を行う。	<ul style="list-style-type: none"> <li>検討・設計したトンネル断面、延長等の工事規模及び施工方式</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>第6703条第2項の(10): 検討書</li> <li>1) 概略工事工程表の作成</li> <li>2) 概算工事用電力量の算出</li> <li>3) 施工ヤード及び工事用道路の概略平面図作成</li> </ul>
T02.12	設計図	関連道路設計で決定した平面・縦断線形及び当該設計の検討結果に基づき一般図(平面図、縦断面図、主要断面図)を作成し、地質縦断面図、地質柱状図、平面・縦断線形の諸元、近接構造物・地下埋設物等の関連施設及びトンネルの主要寸法を記入する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>関連道路設計で決定した平面・縦断線形</li> <li>当該設計の検討結果</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>S02.04-o</li> <li>S02.06-o</li> <li>S02.08-o</li> <li>S02.09-o</li> <li>S02.10-o</li> <li>S02.11-o</li> <li>S02.12-o</li> </ul>

No	タスク	説明	インプット	アウトプット	
				設計図 ・一般図（平面図、縦断面図、主要断面図）に地質縦断面図、地質柱状図、平面・縦断線形の諸元、近接構造物・地下埋設物等の関連施設及びトンネルの主要寸法を記入 設計図 ・位置図、全体一般図、標準断面図、セグメント構造一般図、その他参考図等	T02.12-o
T02.13	概算工事費	調査職員と協議した単価と、一般図等に基づいて算出した概略数量をもとに概算工事費を算定する。	・調査職員と協議した単価と、一般図等に基づいて算出した概略数量	T02.12-o 概算工事費 数量計算書	T02.13-o1 T02.13-o2
T02.14	報告書作成	業務の成果として、共通仕様書の[設計業務等一般]に記載された事項に準じて報告書を作成する。なお、以下の項目について解説し、取りまとめて記載した設計概要を作成する。	T02.01-o T02.02-o T02.03-o T02.04-o T02.05-o T02.06-o T02.07-o T02.08-o T02.09-o T02.10-o T02.11-o T02.12-o T02.13-o	・設計概要書、検討書、設計計算書、概略施工設備計画書、その他参考資料等 ・以下の項目について解説し、取りまとめて記載した設計概要書 1) 設計条件 2) トンネル諸元表（位置、平面線形、縦断線形、標準断面等） 3) 換気方式選定の経緯 4) 設計計算方法及び計算結果 5) シールド機種選定の経緯 6) シールド機発進・到達方法選定の経緯 7) 概略施工計画 8) 非常用施設計画 9) 設計図書に基づき実施した検討・設計 10) 詳細設計にあたっての調査及び留意事項	T02.14-o
T02.15	照査	共通仕様書の[設計業務等一般]に記載された事項に基づくほか、下記に示す事項を標準として照査を実施する。 1) 設計条件の決定に際し、現地の状況他、基礎情報を収集、把握しているかの確認を行い、その内容が適切であるかについて照査を行う。特に地形、地質条件については、設計の目的に対応した情報が得られているかの確認を行う。 2) 一般図を基に換気方式、諸設備計画と断面形状及び地質条件、施工法と構造の整合が適切にとれているかの照査を行う。また、埋設物、支障物件周辺施設との近接等、施工条件が設計計画に反映されているかの照査を行う。 3) 設計方針及び設計手法が適切であるかの照査を行う。 4) 設計計算、設計図、概算工事費の適切性及び	T02.01-o T02.02-o T02.03-o T02.04-o T02.05-o T02.06-o T02.07-o T02.08-o T02.09-o T02.10-o T02.11-o T02.12-o T02.13-o T02.14-o	照査報告書	

T05 詳細設計を実施する



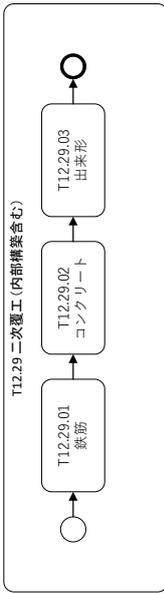
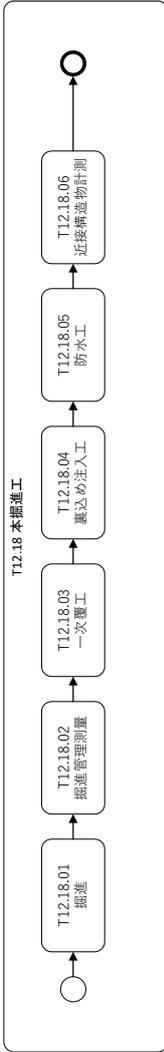
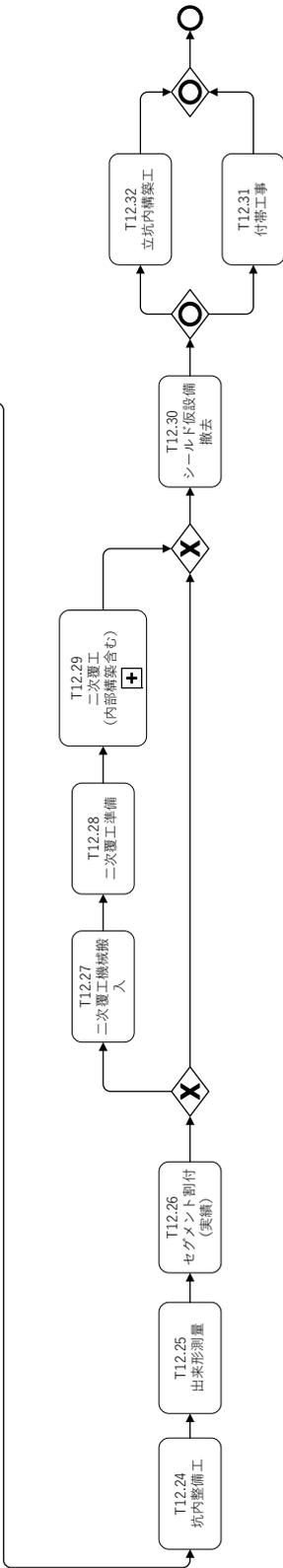
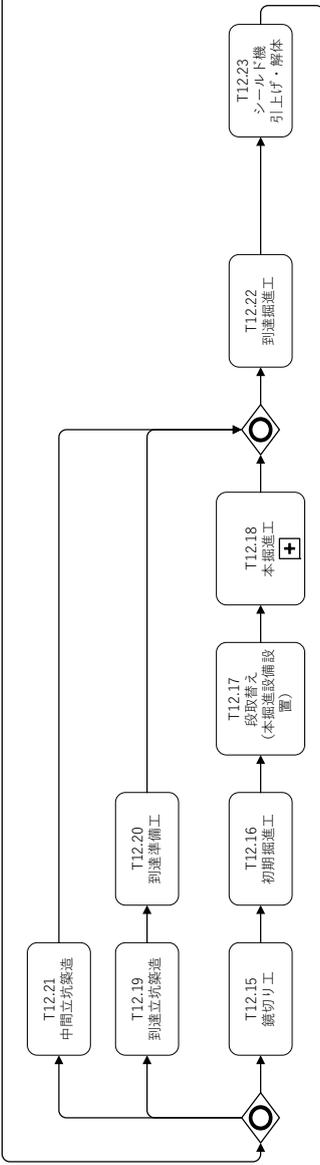
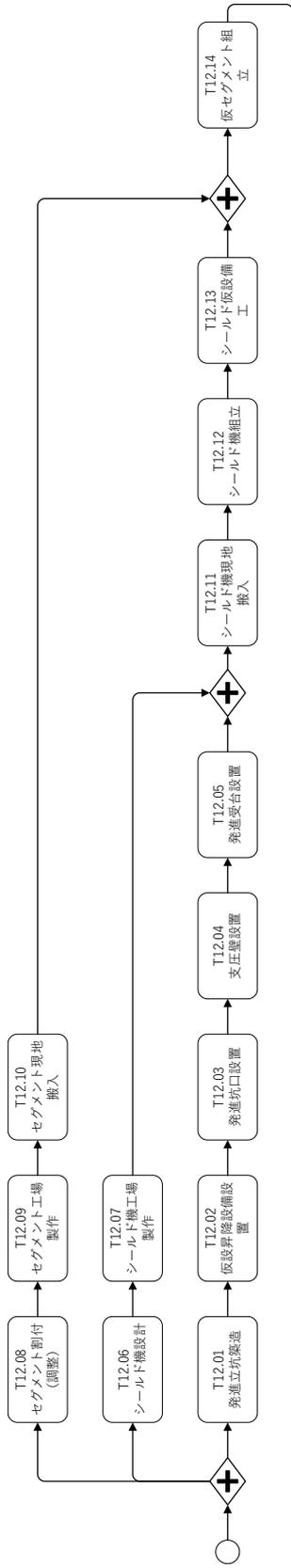
詳細設計のプロセス

No	タスク	説明	インプット	アウトプット		
T05.01	設計計画	業務の目的・主旨を把握したうえで、設計図書に示す業務内容を確認し、業務計画書を作成する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>設計図書</li> <li>【標準貸与資料】</li> <li>(1) 道路予備設計報告書及び設計図面</li> <li>(2) 道路詳細設計報告書及び設計図面</li> <li>(3) 地質調査報告書及び地質断面図等の関連図面</li> <li>(4) シールド予備設計報告書及び設計図面</li> <li>(5) 立坑予備設計報告書及び設計図面</li> <li>(6) トンネル設備予備設計報告書及び設計図面</li> <li>(7) 地形測量図（平面図、縦断面、横断面図）</li> <li>(8) 地上施設等調査資料（道路、基礎含む建造物）</li> <li>(9) 立坑周辺の実測地形平面図</li> <li>(10) 対象地域の環境基準値</li> <li>(11) 対象地域の都市計画図及び用途地域図</li> <li>(12) 地下埋設物関連資料</li> </ul>	T05.01-i	業務計画書 T05.01-o	
T05.02	現地踏査	設計に先立って現地踏査を行い、設計図書に示された設計範囲及び貸与資料と現地との整合性を目視により確認するものとする。また、地形、地質等の自然条件、地物、環境条件等の周辺状況等、現地の状況を把握し、併せて工事用道路・施工ヤード等の施工性の判断及び施工設備計画の立案に必要な現地状況を把握する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>設計図書</li> </ul>	T05.01-i	<ul style="list-style-type: none"> <li>下記に関する確認結果</li> <li>設計図書に示された設計範囲及び貸与資料と現地との整合性</li> <li>地形、地質等の自然条件、地物、環境条件等の周辺状況等、現地の状況</li> <li>工事用道路・施工ヤード等の施工性の判断及び施工設備計画の立案に必要な現地状況</li> </ul>	T05.02-o
T05.03	設計条件の確認	設計図書に示された道路の幾何構造、建築限界、交通量等検討・設計上の基本的条件について確認を行う。	<ul style="list-style-type: none"> <li>設計図書</li> </ul>	T05.01-i T05.02-o	<ul style="list-style-type: none"> <li>下記に関する確認結果【T05.03-o】</li> <li>道路の幾何構造、建築限界、交通量等検討・設計上の基本的条件</li> </ul>	T05.03-o
T05.04	基本事項の確認	詳細設計にあたり、予備設計の検討結果と、その後の調査及び検討の結果を加味し、基本事項の確認を行う。	<ul style="list-style-type: none"> <li>予備設計の検討結果と、その後の調査及び検討の結果</li> </ul>	T05.01-i	基本事項の確認結果	T05.04-o
T05.05	特殊事項の検討	設計図書に基づき、下記に示す事項に技術的検討を加える。 1) 軟弱地盤等における耐震検討 2) 地質・構造条件の変化部分等におけるトンネル縦断方向の構造検討 3) 地盤沈下の影響の検討 4) 将来の近接施工が当該トンネルに及ぼす影響の検討 5) 危険物発生の影響検討 6) 当該トンネルの施工が既設構造物に与える影響と対策の検討 7) 小土盛り区間の補助工法の検討	<ul style="list-style-type: none"> <li>設計図書</li> </ul>	T05.01-i T05.03-o T05.04-o T05.06-o T05.07-o	<ul style="list-style-type: none"> <li>下記に関する検討結果【S205-o】</li> <li>1) 軟弱地盤等における耐震検討【S205-o1】</li> <li>2) 地質・構造条件の変化部分等におけるトンネル縦断方向の構造検討【S205-o2】</li> <li>3) 地盤沈下の影響の検討【S205-o3】</li> <li>4) 将来の近接施工が当該トンネルに及ぼす影響の検討【S205-o4】</li> <li>5) 危険物発生の影響検討【S205-o5】</li> <li>6) 当該トンネルの施工が既設構造物に与える影響と対策の検討【S205-o6】</li> <li>7) 小土盛り区間の補助工法の検討【S205-o7】</li> </ul>	T05.05-o
T05.06	覆工計算（一次覆工（セグメント）設計）		<ul style="list-style-type: none"> <li>予備設計で決定されたセグメント</li> </ul>	S107-o T05.03-o T05.04-o T05.05-0	<ul style="list-style-type: none"> <li>セグメント構造諸元検討書</li> <li>（予備設計成果構造の）妥当性の確認結果</li> <li>セグメント製作のための注入孔及びエレクター用孔、及び継ぎ手等の構造細目の検討結果</li> </ul>	T05.06-o
T05.07	覆工計算（二次覆工設計）	予備設計で決定されたセグメントについて、その妥当性を確認するとともに、セグメント製作のためのシールド溝、コーキング溝、注入孔及びエレクター用孔、及び継ぎ手等の構造細目を検討し、一次覆工の設計を行う。	<ul style="list-style-type: none"> <li>防水、防錆等の考慮</li> </ul>	S104-o T05.03-o T05.04-o T05.05-0 T05.06-o	<ul style="list-style-type: none"> <li>二次覆工構造諸元検討書</li> <li>設定荷重条件下で十分な安全性が確保できる二次覆工設計成果</li> <li>縦断方向の不同沈下に対する検討結果</li> </ul>	T05.07-o
T05.08	防水工設計	トンネル内への漏水を防ぐための防水工の設計を行う。		T05.04-o T05.05-0 T05.06-o	<ul style="list-style-type: none"> <li>防水工検討書</li> <li>トンネル内への漏水を防ぐための防水工の設計（シールド材等仕様決定）</li> </ul>	T05.08-o
T05.09	シールド機の検討	予備設計で決定されたシールド機種について、その妥当性を確認するとともに、ビットの摩耗検討や仕様検討を行う。		S109-o T05.03-o T05.04-o T05.06-o	<ul style="list-style-type: none"> <li>予備設計で検討したシールド機種について精査するとともに、ビット摩耗検討、曲線施工検討（中折機構要否、余摺り量等）、ジャッキ諸元（推力・ストローク等）検討等を実施。</li> </ul>	T05.09-o
T05.10	舗装工設計	設計図書に示される交通量をもとに、排水性、照明効果、走行性、維持管理、経済性（ライフサイクルコスト）等を考慮し、トンネル内舗装	<ul style="list-style-type: none"> <li>設計図書に示される交通量をもとに、排水性、照明効果、走行性、維持管理、経済性（ライフサイクルコスト）等を考慮</li> </ul>	T05.03-o		

No	タスク	説明	インプット		アウトプット	
		(アスファルト舗装/コンクリート舗装等)の比較検討のうえ、舗装の種類・構成を決定し、設計する。			舗装工検討書 ・トンネル内舗装(アスファルト舗装/コンクリート舗装等)の比較検討のうえ、舗装の種類・構成を決定した結果	T05.10-o
T05.11	内装設備設計	設計図書に基づき、トンネルの内装について、トンネル延長交通量等を基に、照明効果、吸音効果、視線誘導効果等を考慮のうえ耐火性、安全性、経済性、維持・保守の難易度及び耐久性の比較を行い、使用材料を決定し、設計する。	・設計図書 ・トンネル延長交通量等	T05.03-o	内装設備検討書 ・照明効果、吸音効果、視線誘導効果等を考慮のうえ耐火性、安全性、経済性、維持・保守の難易度及び耐久性の比較、使用材料を決定した結果	T05.11-o
T05.12	非常用施設設計(トンネル等級の検討)	トンネル延長及び設計図書に示される交通量を基に、トンネル等級を決定する。	・トンネル延長及び設計図書に示される交通量	T05.03-o	トンネル等級	T05.12-o
T05.13	非常用施設設計(非常用施設の箱抜き設計)	決定したトンネル等級に基づき、非常用施設を常用施設の箱抜き設計を行うとともに施設収容のための箱抜き設計を行う。	・予備設計の諸設備概略検討結果 ・決定したトンネル等級	S108-o T05.12-o	非常用施設設計検討書 ・非常用施設を選定し、配置計画を行うとともに施設収容のための箱抜き設計を行う(※設備機器自体の設計は含まず)	T05.13-o
T05.14	床版工詳細設計	交通荷重、設備荷重等を対象に、シールド内の床版工の設計を行う。	・交通荷重、設備荷重等	T05.03-o T05.06-o T05.10-o T05.13-o	床版工検討書 ・シールド内の床版工の設計結果	T05.14-o
T05.15	排水工設計	予備設計で決定された排水工の形状・設置位置を基に、排水系統図を作成するとともに、排水施設の断面寸法等の設計を行う。	・予備設計で決定された排水工の形状・設置位置	S104-o7	排水工検討書 ・排水系統図、排水施設の断面寸法等の設計結果	T05.15-o
T05.16	発進・到達防護工設計	予備設計において決定した発進・到達方法を基に、立坑接続部の防護工について設計計算を行い、断面形状・寸法を決定し、細部構造の設計を行う。	・予備設計において決定した発進・到達方法	S110-o	発進・到達防護工検討書 ・設計計算を行い、断面形状・寸法を決定した細部構造の設計結果	T05.16-o
T05.17	仮設構造物設計	予備設計で選定されたシールド機を基に、シールド機受台、反力壁及び作業床について、設計計算を行い、断面形状・寸法を決定し、調査職員と協議のうえ細部構造の設計を行う。	・予備設計で選定されたシールド機	S109-o	仮設構造物設計・検討書 ・シールド機受台、反力壁及び作業床について、設計計算を行い、断面形状・寸法を決定した細部構造の設計資料	T05.17-o
T05.18	設計図	関連道路設計及び当該設計で決定した事項に基づき、以下に示す設計図を作成する。 1) トンネル位置図 2) 全体一般図(平面図、縦断面図、断面図)平面、縦断線形諸元、近接構造物等との位置関係、地質縦断面図、地質柱状図、トンネルの主要寸法を記入 3) トンネル標準断面図、構造図 4) セグメント構造詳細図 5) 裏込め注入工図 6) 防水工設計図 7) 排水工関係設計図 8) 床版工構造図 9) 非常用施設配置図及び箱抜き詳細図 10) 発進・到達防護工詳細図	・関連道路設計 ・当該設計で決定した事項	T05.03-o T05.04-o T05.05-o T05.06-o T05.07-o T05.08-o T05.09-o T05.10-o T05.11-o T05.12-o T05.13-o T05.14-o T05.15-o T05.16-o T05.17-o	設計図面 1) トンネル位置図 2) 全体一般図(平面図、縦断面図、断面図)平面、縦断線形諸元、近接構造物等との位置関係、地質縦断面図、地質柱状図、トンネルの主要寸法を記入 3) トンネル標準断面図、構造図 4) セグメント構造詳細図 5) 裏込め注入工図 6) 防水工設計図 7) 排水工関係設計図 8) 床版工構造図 9) 非常用施設配置図及び箱抜き詳細図 10) 発進・到達防護工詳細図	T05.18-o
T05.19	施工計画	下記に示す事項に関する検討結果を取りまとめ記載した施工計画書を作成するとともに、必要に応じて参考図を作成する。 1) トンネルの施工方法、施工順序及び施工機械 2) 掘削土砂搬出計画 3) 概略工事工程計画 4) 施工ヤード計画 5) 工事中の交通処理計画 6) 工事中の計測計画 7) 施工にあたっての留意事項		T05.02-o T05.08-o T05.09-o T05.10-o T05.11-o T05.12-o T05.13-o T05.14-o T05.15-o T05.16-o T05.17-o T05.18-o		

No	タスク	説明	インプット	アウトプット
				施工計画書 下記に示す事項に関する検討結果を取りまとめ記載した施工計画書を作成するとともに、必要に応じて参考図を作成。 1) トンネルの施工方法、施工順序及び施工機械 2) 掘削土砂搬出計画 3) 概略工事工程計画 4) 施工ヤード計画 5) 工事での交通処理計画 6) 工事での計測計画 7) 施工にあたっての留意事項
T05.20	仮設備計画	トンネル施工に伴う仮設備について、必要に応じて、下記に示す項目の検討を行うとともに、参考図を作成する。 1) 換気設備（換気容量の算定及び設備計画） 2) 仮排水設備（計画立案） 3) 裏込め注入設備（計画立案） 4) 掘削土砂処理設備（計画立案） 5) 材料搬出入設備（計画立案） 6) 給水設備（容量算定） 7) 工用電力設備（容量算定及び設備計画） 8) 汚濁水処理設備（容量算定） 9) ストックヤード（計画立案） 10) 工用道路計画（概略検討） 11) 安全対策（計画立案） 12) 環境対策等（計画立案）	T05.19-o	仮設備検討書 トンネル施工に伴う仮設備について、必要に応じて、下記に示す項目の検討を行うとともに、参考図を作成するものとする。 1) 換気設備（換気容量の算定及び設備計画） 2) 仮排水設備（計画立案） 3) 裏込め注入設備（計画立案） 4) 掘削土砂処理設備（計画立案） 5) 材料搬出入設備（計画立案） 6) 給水設備（容量算定） 7) 工用電力設備（容量算定及び設備計画） 8) 汚濁水処理設備（容量算定） 9) ストックヤード（計画立案） 10) 工用道路計画（概略検討） 11) 安全対策（計画立案） 12) 環境対策等（計画立案）
T05.21	数量計算	数量計算書は、「土木工事数量算出要領(案)」(国土交通省・最新版)により行うものとし、算出した結果は、「土木工事数量算出要領数量集計表(案)」(国土交通省・最新版)に基づき工種別、区間別に取りまとめる。	・「土木工事数量算出要領(案)」(国土交通省・最新版) T05.19-o T05.20-o	数量計算書 ・「土木工事数量算出要領数量集計表(案)」に基づき工種別、区間別に取りまとめたもの T05.21-o
T05.22	報告書作成	業務の成果として、共通仕様書の[設計業務等一般]に記載された事項に準じて報告書を作成する。なお、以下の項目について解説し、取りまとめて記載した設計概要を作成する。 1) 設計条件 2) トンネル諸元表（位置、平面線形、縦断線形、標準断面等） 3) 設計計算方法及び計算結果 4) 排水工、防水工、舗装工等 5) 非常用施設計画 6) 施工法概要 7) 発進・到達方法 8) 施工計画及び仮設備計画 9) 施工中の計測計画 10) 工事実施にあたっての留意事項	T05.01-o T05.02-o T05.03-o T05.04-o T05.05-o T05.06-o T05.07-o T05.08-o T05.09-o T05.10-o T05.11-o T05.12-o T05.13-o T05.14-o T05.15-o T05.16-o T05.17-o T05.18-o T05.19-o T05.20-o T05.21-o	・設計概要書、検討書、設計計算書、概略施工設備計画書、その他参考資料等 以下の項目について解説し、取りまとめて記載した設計概要書 1) 設計条件 2) トンネル諸元表（位置、平面線形、縦断線形、標準断面等） 3) 設計計算方法及び計算結果 4) 排水工、防水工、舗装工等 5) 非常用施設計画 6) 施工法概要 7) 発進・到達方法 8) 施工計画及び仮設備計画 9) 施工中の計測計画 10) 工事実施にあたっての留意事項
T05.23	照査	共通仕様書の[設計業務等一般]に記載された事項に基づくほか、下記に示す事項を標準として照査を実施する。 1) 設計条件の決定に際し、現地の状況の他、基礎情報を収集、把握しているかの確認を行い、その内容が適切であるかについて照査を行う。特に地形、地質条件については、設計の目的に対応した情報が得られているかの確認を行う。 2) 一般図を基に換気方式、諸設備計画と断面形状及び地質条件、施工法と構造の整合が適切にとれているかの確認を行う。また、埋設物、支障物件、周辺施設との近接等、施工条件が設計計画に反映されているかの確認を行う。 3) 設計方針及び設計手法が適切であるかの照査を行う。また、仮設備と施工法の確認を行い、その妥当性についても照査を行う。 4) 設計計算、設計図、数量の正確性、適切性及び整合性に着目し照査を行う。防水工等構造細目についても照査を行い、基準との整合を図る。	T05.01-o T05.02-o T05.03-o T05.04-o T05.05-o T05.06-o T05.07-o T05.08-o T05.09-o T05.10-o T05.11-o T05.12-o T05.13-o T05.14-o T05.15-o T05.16-o T05.17-o T05.18-o T05.19-o T05.20-o T05.21-o T05.22-o	照査報告書、赤黄チェック資料 T05.23-o

T12 工事を実施する



施工段階のプロセス

No	タスク	説明	インプット		アウトプット	
T12.01	発進立坑築造	シールド発進に必要な立坑を築造する作業で、シールドの大きさ、投入、組立て、発進方法、および立坑内の仮設備等を考慮し、必要な内空を確保する。築造方法は、土留め形式や掘削工法によって異なる。				
T12.02	仮設昇降設備設置	立坑上部から坑内に作業者が入坑するための、昇降設備を設置する作業をいう。昇降用の仮設階段やエレベータ設備をが対象となる。				
T12.03	発進坑口設置	シールド機を地山に貫入させるために、土圧および水圧に対抗する開口構造を構築する作業をいう。発進坑口は、発進の安全性、確実性を高めるため、エントランスパッキンおよび坑口コンクリートを設置することが多い。				
T12.04	支圧壁設置	シールド発進時の反力体として発進立坑内に設置する設備であり、反力は仮組みセグメントあるいは鋼製反力受け等により、立坑土留め壁または躯体構築物等を介して地山に伝達される。立坑土留め壁、躯体構造および軟弱地盤の場合は土留め背面の地盤改良等を計画する。	施工計画書	402	工事写真	504
T12.05	発進受台設置	シールド機を立坑内に据え付けるための受台設備を設置する作業をいう。受台は、シールドの自重、組立て時の仮移動にも十分耐え、かつ、軌条その他の適当なシールド推進用ガイドを設置して、立坑内推進が容易で、方向にずれの生じない構造で計画する。				
T12.06	シールド機設計	地山条件、トンネルの断面形状や深度、施工延長、トンネル線形等の施工条件に応じて、シールド機を設計する作業をいう。				
T12.07	シールド機工場製作	強度と施工に関する性能の確保したうえで、決められた仕様に基づき工場にてシールド機を製作する作業をいう。工場組立てにおいては、現地組立てに先立ちあらかじめ工場において可能な範囲で実施する。				
T12.08	セグメント割付	設計および線形測量の結果をもとに、直線区間、曲線区間および荷重条件などを考慮して、セグメントをリングごとで割付け計画する作業をいう。割付では、セグメント種別、テーパ量などの条件を踏まえ、計画された中心線形に最適なセグメントリングの配置を行う。				
T12.09	セグメント工場製作	セグメント工場において、示方書類等に準拠してセグメントの材料、製製作業領書、製作図、製作工程表および、品質管理に関する計画をもとに、セグメントを製作する作業をいう。				
T12.10	セグメント現地搬入	セグメント工場から、現地となるシールド発進基地にセグメントを運搬する作業をいう。運搬時は、セグメントを損傷しないように注意し、種別、数量や付属品の管理を行う。				
T12.11	シールド機現地搬入	製作工場からシールド機を輸送、立坑搬入する作業をいう。搬入にあたっては、塑性変形や損傷を生じるおそれがある箇所に補強、その他の保護をし、現地組立てでは、決められた仕様、性能を確保できるよう注意する。				
T12.12	シールド機組立	分割搬入されたシールド機を、現地発進立坑で組み立てる作業をいう。現地組立てに際しては、立坑の平面形状、深さ、投入開口位置、組立てヤード、周辺環境等の施工条件を考慮し、組立て工程や手順、資機材、設備、組立て用クレーン能力等について事前に検討する。	施工計画書	402	工事写真	504
T12.13	シールド仮設備工	シールド掘進に必要な、ストックヤード、掘削土砂搬出設備、材料搬送設備、電力設備、照明設備、連絡通信設備、換気設備、可燃性および有害ガス対策設備、安全通路および昇降設備、給排水設備、防火および消火設備、シールドの発進到達および回転設備、一次覆工設備、裏込め注入設備、二次覆工設備、防音設備等を設置する作業をいう。				
T12.14	仮セグメント組立	立坑内に据え付けたシールド機を地山に貫入するにあたり、反力設備に推力を伝達しつつシールド機を前進させるために、立坑内に仮セグメントを組み立てる作業をいう。				

T12.15	鏡切り工	シールドの発進に伴い、あらかじめシールド機面板が通過する範囲の土留め壁を切断、取り壊しを行う作業をいう。なお、土留め壁に切削可能部材を使用した場合は、シールド機面板で直接切削することとなる。	施工計画書	402	工事写真	504
T12.16	初期掘進工	シールドが立坑を発進してから、シールドの運転に必要な後続設備がトンネル坑内に入るまでの本掘進の準備段階となる掘進作業をいう。初期掘進中は、シールド掘進時のデータや地盤沈下量の計測結果等を収集し、シールドの運動特性の把握およびカッターチャンパー内の土圧、泥水圧等の管理値や、裏込め注入圧、注入量の設定値等が適切であるかを確認する必要がある。				
T12.17	段取替え（本掘進設備設置）	発進時に用いた発進受け台や反力受け設備の撤去、各後続台車の投入、本掘進設備の設置を行う作業をいう。				
T12.18	本掘進工	掘進工のうち、初期掘進と到達掘進を除いた掘進路線の大部分の掘進作業をいう。				
T12.19	到達立坑築造	シールドの到達に必要な立坑を築造する作業で、シールドの大きさ、到達および引上げ・解体方法、立坑内の仮設備等を考慮し、必要な内空を確保する。築造方法は、土留め形式や掘削工法によって異なる。				
T12.20	到達準備工	シールドの到達に先立ち、地盤改良などによる到達防護工および到達坑口の設置を行う作業をいう。				
T12.21	中間立坑築造	シールドのビット交換や割込み人孔のために必要となる中間立坑の設置を行う作業をいう。用途に応じてシールドトンネルの通過に先立ち施工する場合と通過後に施工する場合がある。				
T12.22	到達掘進工	予定の到達壁面に安全に達するため、掘進速度や推力を下げながら掘進を行う作業をいう。到達掘進では、振動や騒音への対策や、所定の位置に到達させるため、測量、方向修正や切羽圧力、推力の管理等を慎重に行う必要がある。				
T12.23	シールド機引上げ・解体	シールドが到達後に、カッター面板などの装置、設備を到達立坑内で解体する作業と、それらを立坑内から引き上げる作業をいう。シールド本体を立坑内に引き出す場合は、シールド受台等の仮設備を設置し、到達立坑内にシールドを引き出したうえで、解体、引き上げを行う。				
T12.24	坑内整備工	シールドが到達後に、掘進に使用したトンネル坑内の設備（軌条設備、配管設備など）を撤去する作業と、トンネル坑内に掘削作業で堆積した土砂などを清掃する作業をいう。				
T12.25	出来形測量	トンネルの出来形について平面、縦断の測量および内空測量を実施することをいう。			線形測量結果成果表 基準点座標	501
T12.26	セグメント割付（実績）	実際に、どの場所にどのセグメントリングをどのような向きで組み立てたかの割付を記録する。				
T12.27	二次覆工機械搬入	二次覆工を施工する場合に必要な仮設備（コンクリートポンプ、型枠、荷役設備など）を施工場所に搬入する作業をいう。				
T12.28	二次覆工準備	二次覆工の施工に必要な設備の準備作業と、トンネル坑内におけるセグメントボルトの締め直し、清掃および漏水箇所の止水などの作業をいう。				
T12.29	二次覆工（内部構築含む）	セグメントの補強、防食、防水、蛇行修正、防振、内面の平滑化、トンネルの内装仕上げ等の用途として、無筋または鉄筋コンクリートを巻立てる作業をいう。				
T12.30	シールド仮設備撤去	シールド掘進、二次覆工で設置、使用した仮設備を撤去する作業をいう。				
T12.31	付帯工事	トンネルの用途に応じて、付帯設備を設置する作業をいう。例えば、鉄道トンネルでは、レールの敷設や通信BOXの設置作業がこれにあたる。				
T12.32	立坑内構築工	仮設の土留めを発進立坑に使用した場合は本設の立坑を構築する作業、本設の立坑から発進した場合は、立坑内の設備構築に関わる作業をいう。また、これらの作業は、シールドトンネル完成後に実施するものをいう。				

「T12.18 本掘進工」のサブプロセス（T12.16、T12.22も共通）

No	タスク	説明	インプット	アウトプット
----	-----	----	-------	--------

T12.18.0 1	掘進	地山の条件に応じて所要推力および線形を考慮して適切なジャッキパターンを選択して作動させ、切羽の地山の安定を図りながら、セグメントに損傷を与えることなく、所定の計画線上を安全かつ正確に掘進させる。一連のシールド機の操作をいう。中折れ装置を装備したシールドでは、曲線半径に応じて中折れジャッキやコビーカッターを作動させて掘進する。	施工計画書 工物品質管理計画書 掘進管理システム ・計測データ ・操作データ	402 703	リング報 掘進日報	701 702
T12.18.0 2	掘進管理測量	掘進管理測量は、シールド掘進に際して、シールドと組み立てられたセグメントの計画線からのずれをトランシット、レベルを用いて計測管理する作業をいう。一般的に、昼夜の掘進作業における入れ替わりのタイミングに実施するため、2回/日の頻度で行う。急曲線施工や高速施工の場合には、適切な頻度で掘進管理測量を行うことが重要である	線形計画図	303 404	シールド機座標 セグメント座標	501 502
T12.18.0 3	一次覆工	掘進でシールド内に確保した1リング分のスペースに、セグメントをリング状に組み立てる作業をいう。組立には、エレクター装置を使用し、通常千鳥組で行う。	設計図 線形計画図 セグメント割付図	303 404 703	出来形調書 Kセグメント位置	502 703 704
T12.18.0 4	裏込め注入工	シールド外径とセグメント外径に差があることからシールド機後端に生じるテルゴイドに、注入材を注入する作業をいう。注入はシールドの掘進と同時にあるいは直後に行い、テルゴイドを完全に充填して地山の緩みと沈下を防止する。	掘進管理システム	402 403	リング報 掘進日報	701 702
T12.18.0 5	防水工	シールドトンネルが地下水圧に耐えられるよう、主にシール材をセグメントに貼付けする作業をいう。広義には、シール工、コーキング工、ボルト孔および裏込め注入孔を対象としている。	施工計画書 (止水シール材)	402 410	工事写真	504
T12.18.0 6	近接構造物計測	シールドトンネルに近接する地上および地下構造物について、変位もしくは変形を計測する作業をいう。主にシールド掘進時およびその前後を計測の対象とする。 シールドトンネルが通過する直上の道路面について、変位もしくは変形を計測する作業をいう。主にシールド掘進時およびその前後を計測の対象とする。 シールド掘進による地盤の沈下や変形を計測する作業をいう。主にシールド掘進による、地盤への影響を把握することを目的としている。	測量計画書	801	計測結果報告書 近接構造物計測結果 地表面変位計測結果	802 803
						805 806
			測量計画書	801	地盤計測結果	804

「T12.29 二次覆工(内部構築含む)」のサブプロセス

No	タスク	説明	インプット		アウトプット	
T12.29.0 1	鉄筋	二次覆工がRC構造である場合の、鉄筋組立作業をいう。	設計図 配筋図	303 402	鉄筋検査調書 二次覆工品質検査報告書	413 414
T12.29.0 2	コンクリート	二次覆工のコンクリート打設作業をいう。	施工計画書 配合計画書	303 403	二次覆工品質検査報告書 二次覆工打設記録	413 414
T12.29.0 3	出来形	トンネル構造物が設計図書に示された内空寸法、品質を満足しているかの判断、および確認作業をいう。	設計図	303	出来形調書 クラック展開図	502 503